

R 3835

ISSN 0395-7217

Reçu : 2 NOV. 1977

JUILLET 1977

fascicule 2

Trimestriel

**BULLETIN**

**D'ÉCOLOGIE**



**MASSON**

Paris, New York, Barcelone, Milan

Publié avec le concours du Centre National de la Recherche Scientifique

Tome 8

# SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

(Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976)

Secrétariat : 4, avenue du Petit Château, 91800 BRUNOY.

(Voir en p. III de couverture pour le règlement des cotisations à MASSON & C<sup>ie</sup>).

## Bureau pour l'année 1977 :

*Président* : J.A. RIOUX, Laboratoire de Parasitologie, rue Auguste Broussonet, 34000 Montpellier.

*Vice-Président* : P. PESSON, I.N.A., Laboratoire de Zoologie, Biologie animale et Ecologie, 16, rue Claude-Bernard, 75231 Paris, Cedex 05.

*Présidents Honoraires* : G. LEMÉE et P. GRISON.

*Secrétaire général* : Claude DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

*Secrétaire générale adjointe* : Germaine RICOU, Laboratoire de Zoologie agricole, 16, rue Dufay, 76100 Rouen (Seine-Maritime).

*Trésorier* : Christian SOUCHON, Département d'Environnement, Université de Paris VII, 10, rue Emile-Morel, 92330 Sceaux (Hauts-de-Seine).

*Trésorier adjoint* : Mme Marie-Charlotte SAINT GIRONS, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

*Secrétaire du Bulletin* : Roger DAJOZ, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy (Essonne).

## Conseil pour l'année 1977 :

AMANIEU M., Laboratoire d'hydrobiologie, Université des Sciences et techniques du Languedoc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

AUBERT Maurice, Directeur du CERBOM, Parc de la Côte, avenue Jean-Lorrain, 06000 Nice (Alpes-Maritimes).

BIGOT Louis, Laboratoire de Biologie animale et Ecologie, Faculté Saint-Jérôme, rue Henri-Poincaré, 13397 Marseille Cedex 4 (Bouches-du-Rhône).

BLONDEL Jacques, Station Biologique de la Tour du Valat, C.N.R.S., Le Sambuc, 13200 Arles (Bouches-du-Rhône).

COINEAU Yves, Laboratoire Arago, Biologie marine 66650 Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales).

DAJOZ R., Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit Château, 91800 Brunoy.

DELAMARE DEBOUTTEVILLE Claude, Laboratoire Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

GEHU Jean-Marie, Laboratoire de Botanique Systématique et Ecologique, Faculté de Pharmacie, rue La-guesse, 59000 Lille (Nord).

GOUNOT Michel, Institut de Botanique, 28, rue Goethe, 67083 Strasbourg (Bas-Rhin).

LACOSTE Y., Laboratoire d'écologie végétale, Université de Paris Sud, 91405 Orsay.

LAUBIER Lucien, Directeur Scientifique au C.N.E.X.O., Centre océanologique de Bretagne, BP 337, 29273 Brest-Cedex (Finistère).

LEFEUVRE Jean-Claude, Laboratoire de Zoologie et d'Ecologie Complexe Scientifique de Beaulieu, BP 25 A, 35000 Rennes (Ille-et-Vilaine).

NÈGRE Robert, Laboratoire de Taxinomie et Ecologie végétales, Faculté Saint-Jérôme, rue Henri-Poincaré, 13397 Marseille Cedex 4 (Bouches-du-Rhône).

OZENDA Paul, Botanique et Biologie végétale et Station Alpine du Lautaret, Cedex 53, 38 Grenoble-Gare (Isère).

PESSON Paul, I.N.A., Laboratoire de Zoologie, Biologie animale et Ecologie, 16, rue Claude-Bernard, 75231 Paris Cedex 05 (Seine).

RAMADE F., Laboratoire de zoologie, Université de Paris Sud, 91405 Orsay.

RICOU G., Laboratoire de zoologie agricole, 16, rue Dufay, 76100 Rouen.

RIOUX J.A., Laboratoire de parasitologie, rue Auguste Broussonet, 34000 Montpellier.

ROUX Albert, Département de Biologie animale et Zoologie, 43, bd du 11-Novembre 1918, 69621 Villeurbanne (Rhône).

Mme SAINT GIRONS Marie-Charlotte, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit-Château, 91800 Brunoy (Essonne).

SALVAT Bernard, Laboratoire de Biologie marine et de Malacologie, 55, rue de Buffon 75005 Paris (Seine).

SAUVAGE Charles, Laboratoire de systématique et Géobotanique méditerranéennes, Institut de manque une ligne

SOUCHON Christian, Département d'Environnement, Université de Paris-VII, 10, rue Emile-Morel, 92330 Sceaux (Hauts-de-Seine).

---

Le Conseil de la Société, par décision de l'Assemblée générale constitue le Comité de lecture du Bulletin.

Per-G p 86

JUILLET 1977  
Trimestriel

fascicule 2

# BULLETIN D'ÉCOLOGIE

**SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE**

Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976

**SECRÉTARIAT GÉNÉRAL**

4, Avenue du Petit-Château  
91800 BRUNOY, Essonne (France)



**MASSON**

Paris, New York, Barcelone, Milan

Publié avec le concours financier du Centre National de la Recherche Scientifique

**Tome 8**



Bibliothèque Centrale Muséum



33001004085350

DW 1988

# BULLETIN D'ÉCOLOGIE

Tome 8 - 1977 n° 2 - Juillet

## SOMMAIRE — CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| H. AUDEMARD. — Dynamique des populations de Carpocapse ( <i>Laspeyresia pomonella</i> L.) en verger de pommiers [ <i>Population dynamics of the codling moth (Laspeyresia pomonella L.) in an apple orchard</i> ] .....                                              | 141 |
| J.P. TROY, P. LEGRIS et B. SOUCHIER. — Aspects d'écologie globale dans les montagnes des Palni et des Nilgiri (Inde du Sud) [ <i>Ecological studies in the Palni and Nilgiri Hills (South India)</i> ] .....                                                         | 151 |
| N. LAIR. — Régimes alimentaires et nutrition du zooplancton. Le cas du Copépode <i>Cyclops abyssorum praealpinus</i> (Kieffer, 1939) [ <i>Food and feeding of zooplankton. Feeding of Cyclops abyssorum praealpinus (Kieffer, 1939), Crustacea, Copepoda</i> ] ..... | 173 |
| C. FALCONETTI et G. SEGUIN. — Sur une méthode d'utilisation d'un laboratoire sous-marin pour la récolte du zooplancton au voisinage du fond [ <i>Use of a submarine laboratory to collect zooplankton close to the bottom of the sea</i> ] .....                     | 183 |
| Résumés de thèses [ <i>Summary of Theses</i> ] .....                                                                                                                                                                                                                 | 191 |
| Analyses d'ouvrages [ <i>Book reviews</i> ] .....                                                                                                                                                                                                                    | 199 |

## DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE CARPOCAPSE (*LASPEYRESIA POMONELLA* L.) EN VERGER DE POMMIERS<sup>(1)</sup>

par H. AUDEMARD

I.N.R.A., Centre de Recherches d'Avignon,  
Station de Zoologie, 84140 Montfavet

### RÉSUMÉ

L'organisation de systèmes de lutte intégrée en verger de pommiers dépend étroitement des possibilités de maîtrise du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) qui peut être qualifié « d'ennemi-clé ». C'est principalement dans cette optique que la dynamique des populations de cet Insecte est analysée en partant des résultats d'une étude comparée réalisée dans la basse vallée du Rhône dans deux types d'agro-écosystèmes :

1. Le verger de pommiers non protégé dans lequel le Carpopapse se développe librement et où l'on observe des populations de niveau moyen à élevé (en valeur relative).

2. Le verger commercial dans lequel la population est maintenue artificiellement à un bas niveau par la lutte chimique. Afin de faciliter l'étude des fluctuations de population dans ce cas, d'assez longues périodes sans intervention étaient ménagées dans les vergers surveillés.

Lorsque la population est moyenne à élevée sa régulation est assurée essentiellement par la compétition larvaire pour les fruits et les sites à cocon. Les basses populations, pour lesquelles il n'a pu être construit qu'une table de vie sans filiation directe, s'accompagnent de perturbations dans le cycle et le comportement qui

accroissent leurs possibilités de multiplication. L'existence d'une période critique dans le cycle, correspondante à l'hivernation, a été mise en évidence à l'aide des méthodes mathématiques développées par les auteurs canadiens. Si on se place au point de vue géographique, le voltinisme est dans tous les cas un facteur déterminant dans la dynamique.

Le risque que représente une population de Carpopapse pour la récolte d'un verger commercial de pommiers peut être maintenant aisément prévu à l'échelon d'une génération. Cela est rendu possible par la mise au point de méthodes d'estimation des niveaux fiables et par la bonne connaissance des fluctuations des populations.

Un essai d'interprétation des facteurs qui influent dans la dynamique des populations de Carpopapse est présenté. Il se situe vis-à-vis des théories les plus répandues sur les mécanismes de régulation naturelle des populations animales. Les grandes facultés d'adaptation de l'Insecte sont soulignées. Cette interprétation conduit à distinguer deux groupes de stratégies d'intervention et à définir ainsi de nouvelles méthodes de lutte.

(1) Communication présentée au Colloque Franco-Soviétique « Lutte intégrée contre le Carpopapse », Léninegrad - Pouchkine (U.R.S.S.), 14-16 septembre 1976.

## ABSTRACT

Population dynamics of the codling moth  
(*Laspeyresia pomonella* L.)  
in an apple orchard

The management of integrated control systems in apple orchards depends closely on the possibilities of containing the codling moth, classifiable under the "key-pests". It is chiefly from that point of view that the dynamics of this insect populations is analysed from the data of a comparative study carried out in the lower Rhône valley in two types of agro-ecosystems.

1. The non-protected apple orchard, in which the codling moth develops freely and where the populations are reaching a medium to high level (in relative value).

2. The commercial orchard, where the population are artificially maintained at a low level by chemical control. To enable in that case the study of population fluctuations, periods without treatment were provided in the surveyed orchards.

When the population level is medium to high, its regulation is mainly ensured by the larval competition for fruits and cocooning sites. As for the low populations, a life-table without direct filiation could only be established: they are accompanied by ruptures in the cycle,

and perturbations in the behaviour, so increasing the chances of their multiplying. The occurrence of a critical period in the cycle, corresponding to the hibernation, was revealed by mathematical methods developed by Canadian authors. From a geographical point of view, voltinism plays in any case a major role in the dynamics.

The danger presented by a codling moth population at harvest in a commercial apple orchard can now be easily forecast for one generation. Working out methods for estimating reliable levels as well as a good knowledge of the population fluctuations has made it possible.

An attempt at interpreting some of the factors influencing the population dynamics of the codling moth is presented in this dissertation. It is confronting the best-known theories on the natural regulation mechanisms of the animal populations. The great adaptability of this insect are here pointed out. This interpretation leads to distinguish two groups of intervention strategies, and so to define new control methods.

## I. — INTRODUCTION

La maîtrise des populations d'un arthropode ravageur comme le Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) doit être réalisée dans le cadre de la lutte intégrée en verger de pommiers. Cela implique: d'une part que l'on considère la place du Carpopapse dans l'agro-écosystème et son importance économique, d'autre part que l'on dispose d'informations suffisantes sur la dynamique de ses populations.

En ce qui concerne ce dernier point trois objectifs retiennent particulièrement notre attention:

— Définir des méthodes d'estimation des populations et de prévision de leur évolution ainsi que des risques de dégâts,

— Analyser et interpréter les facteurs qui interviennent dans la dynamique des populations,

— Concevoir les stratégies d'intervention assurant une régulation des populations de Carpopapse conforme aux exigences écologiques et économiques de la lutte intégrée.

II. — PLACE DU CARPOCAPSE  
DANS L'AGRO-ÉCOSYSTÈME

La contribution du Carpopapse au fonctionnement de l'agro-écosystème est très modeste en raison de la valeur relativement faible de la biomasse de ses populations et de la quantité minime de « biomasse fruit » qu'elles détruisent. Par ailleurs les populations sont indépendantes d'une année à l'autre vis-à-vis de la nourriture. Le Carpopapse ne met pas en péril la pérennité du Pommier et les chaînes trophiques dans lesquelles il est impliqué semblent courtes et marginales.

Si sa position dans l'organisation de la biomasse n'est pas essentielle son éradication, en supposant qu'elle soit possible, présenterait cependant le risque de voir sa niche écologique occupée par un autre arthropode dangereux. Nous n'aurions alors qu'une substitution de problème.

L'importance du Carpopapse en verger de pommiers découle surtout de son interférence avec l'acti-

vité agricole de l'Homme. Dans ces conditions il sera intéressant de comparer la dynamique de ses populations dans trois types de situation :

- 1) Le verger totalement abandonné,
- 2) Le verger sans lutte chimique contre les arthropodes mais où les autres travaux agronomiques demeurent afin que la production de fruits soit normale,
- 3) Le verger commercial comportant une lutte chimique contre les arthropodes y compris le Carpopapse.

Dans le premier cas le Carpopapse est un des ravageurs dominants. Dans le second le niveau atteint par les populations qui se développent librement est inacceptable par l'Homme sur la base du seuil de tolérance économique, même s'il est fixé à 5 p. cent de fruits attaqués.

La stabilité relative des populations de nombreux arthropodes ravageurs, par rapport à des seuils de tolérance économique (AUDEMARD, 1975), que l'on constate habituellement dans les vergers abandonnés est gravement perturbée en verger commercial de pommiers par la lutte chimique intensive visant le Carpopapse. Les traitements sont effectués avec des insecticide polyvalents et leur nombre dans certaines régions, comme dans la basse vallée du Rhône en France, peut atteindre une dizaine par an, soit une dépense de 600 francs environ par hectare. Cela explique que le Carpopapse est un facteur limitant pour l'établissement de systèmes de lutte intégrée en verger de pommiers, ce qui l'a fait qualifier « d'ennemi-clé » (AUDEMARD, 1974/1975).

### III. — ESTIMATION DES POPULATIONS ET PRÉVISION DU RISQUE DE DÉGÂTS

#### 1. Définition des niveaux de populations.

L'estimation d'une population de Carpopapse peut intervenir à différentes périodes du cycle et sur différents états de l'Insecte. Il faut cependant retenir que cette population est finalement appré-

ciée par l'Homme en fonction de sa nuisibilité découlant des attaques de jeunes larves sur les fruits. Un niveau de population n'est donc bien défini qu'à ce point du cycle et en valeur relative (nombre de jeunes larves/nombre de fruits produits).

Il est évident qu'une analyse des fluctuations de population ne peut être d'abord conduite que sur la valeur absolue (densité brute) exprimée par le nombre de Carpopapse par unité de surface et par arbre, si ce dernier est l'unité d'échantillonnage. Mais le nombre de fruits disponibles par rapport au nombre de jeunes larves peut créer une compétition larvaire pour la nourriture pour des niveaux de population qui semblent relativement faibles en valeur absolue. Cela se traduit par une corrélation significative entre le nombre de fruits produits par arbre et le nombre de fruits attaqués (estimant la population de jeunes larves). Cette corrélation n'existe pas si le niveau de population, en valeur relative, est faible ce qui est le cas dans les vergers commerciaux. C'est même le seul critère objectif qui nous ait permis de classer les populations en deux niveaux : bas et moyen à élevé. Cela tend à démontrer la prépondérance de la valeur relative dans la définition du niveau de la population de Carpopapse.

Nous indiquons à titre d'exemple dans le tableau 1 (partie supérieure) les niveaux de population observés en France dans la basse vallée du Rhône dans deux types de vergers précédemment caractérisés (Cf. *supra*).

#### 2. Méthodes d'estimation des populations (AUDEMARD, 1975/1976; 1976).

La méthode de référence valable pour tous les niveaux de population est incontestablement le contrôle visuel des fruits. L'interprétation des attaques est effectuée par la méthode de BAGGIOLINI et GROB (1968). On estime ainsi la population de jeunes larves soit par sondage, soit par examen détaillé (avec dissection) des fruits sur l'arbre et tombés à terre. Le sondage, relativement rapide, ne permet de connaître la population qu'en valeur relative. Les résultats de l'examen détaillé de tous les fruits d'un

TABLEAU I

*Présentation schématique des caractéristiques de la dynamique des populations de carpocapse (Laspeyresia pomonella L.) en verger de pommiers de la Basse Vallée du Rhône selon la densité de la population.*

| Vergers à niveaux de population moyen à élevé (Abandonnés) (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Vergers à bas niveaux de population (Commerciaux) (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 20-40 et 50 % fruits attaqués (3)<br>50 à 1.000 fruits attaqués par arbre (4)<br>20.000 à 100.000 et 50.000 à 120.000 fruits attaqués par hectare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 % fruits attaqués (3)<br>2 à 24 fruits attaqués par arbre (4)<br>2.000 à 4.800 fruits attaqués par hectare                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| CARACTERES COMMUNS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Indépendance des populations d'une année à l'autre vis-à-vis de la nourriture</li> <li>Degré d'isolation du verger vis-à-vis des sources extérieures d'infestation</li> <li>Influence des conditions météorologiques durant les périodes d'oviposition de la première moitié du premier vol</li> </ul>                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CARACTERES DIFFERENTS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Voltinisme (nombre de générations par an — proportion des larves diapauses de 1<sup>ère</sup> génération).</li> <li>Corrélation entre charge des arbres en fruits et niveau de la population.</li> <li>Importance de la compétition larvaire.               <ul style="list-style-type: none"> <li>niveau des fruits. (intra-spécifique)</li> <li>niveau des sites à cocon. (intra et inter-spécifique)</li> </ul> </li> <li>Faible parasitisme et prédation.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Perturbation du cycle (rôle accru voltinisme).               <ul style="list-style-type: none"> <li>Avance dans évolution 1<sup>ère</sup> génération = accroissement nombre de nymphes.</li> <li>Raccourcissement des périodes de risque.</li> </ul> </li> <li>Pas de corrélation entre charge et attaque.               <ul style="list-style-type: none"> <li>Attaque en valeur absolue indépendante de récolte (en valeur relative dépendante).</li> </ul> </li> <li>Pas de compétition larvaire au niveau des fruits.               <ul style="list-style-type: none"> <li>Raréfaction des sites à cocon.</li> </ul> </li> <li>Influence sur comportement : adultes (attaque plus forte en bordure) et jeunes larves (localisation pénétrations).</li> <li>Pratiquement pas de parasites et de prédateurs.</li> <li>Action importante mortalité hivernale (entomopathogènes ?)</li> </ul> |

(1) Au point de vue de la lutte chimique contre les arthropodes, car l'absence de fruit en verger abandonné pour des raisons étrangères à l'action du Carpocapse influe évidemment sur la dynamique de la population.

(2) Régulation actuellement par la lutte chimique qui est un facteur de sélection.

(3) Par les jeunes larves.

(4) Pour une récolte de 100 à 1 200 fruits par arbre — Attaque des 2 générations.

certain nombre d'arbres peuvent être exprimés en valeur absolue et en valeur relative. Cette dernière méthode est employée aussi pour estimer la population de larves âgées (du dernier stade) qui n'est alors commodément connue qu'*a posteriori*.

Les méthodes de piégeage présentent l'avantage de la simplicité et de la rapidité. Avec les bandes-pièges de carton ondulé, on estime la population de larves hivernantes diapauses ou la population de larves âgées de première génération. Si on utilise d'une manière complémentaire la méthode des ca-

gettes, pour suivre le devenir des larves âgées, on peut établir la population de nymphes estivales et de là, indirectement, celle d'adultes qui en sont issus. Dans les vergers commerciaux la méthode des bandes-pièges est particulièrement fiable, par contre lorsque le niveau de population est élevé elle surestime considérablement le nombre de larves qui ont pu effectivement trouver un abri pour tisser leur cocon.

Le piégeage des adultes avec la phéromone sexuelle de synthèse trans-8, trans-10, dodecadien 1-01,

paraît un moyen séduisant pour échantillonner les populations d'adultes. Mais toutes choses étant égales par ailleurs, le rendement des pièges est influencé d'une manière prépondérante par trois facteurs : les températures limitantes pour l'activité des adultes, la densité de la population, la densité des pièges. Si on se borne à examiner le cas des vergers commerciaux dans lesquels les populations sont basses, l'estimation des populations d'adultes par piégeage sexuel, globalement au niveau d'un vol, paraît réalisable mais avec une densité de pièges excessive aux plans pratique et économique.

L'échantillonnage des œufs par sondage et contrôle visuel n'est possible que pour les populations de niveau moyen à élevé. D'une manière générale l'importance de l'échantillonnage et les plans de sondage sont dépendants : de la méthode d'estimation, du niveau de la population au stade échantillonné, de la précision recherchée.

### 3. *Prévision du risque* (AUDEMARD, 1974/1975; 1975/1976).

Le risque que représente une population de Carpopapse pour la récolte d'un verger dépend :

- du niveau de la population,
- de ses possibilités d'accroissement intrinsèque et par apport de l'extérieur,
- de la charge des arbres en fruits.

Dans le cas des vergers commerciaux qui nous intéressent plus particulièrement ici le risque peut être prévu à court terme et à moyen terme. Pour la prévision à court terme on intègre un ensemble de données fournies par le piégeage sexuel, les relevés météorologiques et le contrôle visuel des attaques sur fruits. Les résultats du piégeage sexuel ne permettent pour le moment qu'une « prévision négative » qui a été améliorée par la fixation de seuils de captures. Ces seuils, qui marquent l'intensification puis la diminution du vol, sont utilisés en début et en fin de vol.

La prévision du risque à moyen terme, à l'échelle d'une génération, est basée sur : l'estimation des populations larvaires ou nymphales par la méthode

des bandes-pièges (et des cagettes le cas échéant), la connaissance de coefficients de multiplication, l'estimation de la charge des arbres en fruits, le seuil de tolérance économique (2 % en France et dans les pays voisins). Les coefficients de multiplication ont été établis à partir des régressions calculées entre le nombre de fruits attaqués et le nombre de larves ou de nymphes estimées à la génération précédente. On retient la valeur la plus élevée du coefficient de multiplication mais, si sa variation est importante, on a recours à une méthode séquentielle de prévision (par exemple en France dans la région parisienne).

Dans certains vergers cette prévision n'est pas possible en raison de l'accroissement du risque résultant des sources d'infestation extérieures (plantes-hôtes, vergers abandonnés, entrepôt...). En France dans la majorité des cas ce problème ne se pose pas car les populations sont relativement isolées.

## IV. — CARACTÉRISTIQUES DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE CARPOCAPSE

### 1. *Comparaison entre divers types de vergers de pommiers* (AUDEMARD, 1976).

Nous avons résumé dans le tableau 1 les caractéristiques de la dynamique des populations de Carpopapse dans la basse vallée du Rhône dans deux types de situation :

— les vergers de pommiers dans lesquels la lutte chimique contre les arthropodes a été supprimée et où l'on observe des populations de Carpopapse de niveau moyen à élevé (en valeur relative),

— les vergers de pommiers commerciaux dans lesquels les populations de Carpopapse sont maintenues artificiellement à un bas niveau par la lutte chimique. On peut se demander comment nous avons pu concilier cette lutte chimique avec la conduite rationnelle d'observations. Nous avons procédé de trois façons : suspension de la lutte durant une année et reprise, suspension de la lutte sur la première

génération (la seconde étant combattue), suspension pu concilier cette lutte chimique avec la conduite de la lutte sur la seconde génération (la première étant combattue). Ces deux derniers aménagements étaient reconduits chaque année sur les mêmes vergers.

Certains caractères sont communs aux deux situations, d'autres différents. Lorsque la population de Carpopapse se développe librement sa régulation est assurée par la compétition larvaire pour les fruits et les sites à cocon. Le parasitisme et le prédatisme ont une action faible. C'est ce qui a déjà été mis en évidence en Australie par GEIER (1964), en France par COUTIN et ARNOUX (1963), (1) au Etats-Unis par SLUSS et al (1974/1975). Cependant les deux derniers auteurs cités indiquent que les ennemis naturels du Carpopapse jouent un rôle secondaire non négligeable. Au Canada le niveau des populations de Carpopapse dans les vergers sans lutte chimique est au plus moyen consécutivement à l'action : du prédatisme (oiseaux et entomophages), du parasitisme et des froids hivernaux (MAC LELLAN, 1972). Dans les régions à climat tempéré il y a une assez bonne corrélation entre le niveau de population et les conditions climatiques durant les périodes de ponte du Carpopapse (WILDBOLZ, 1969/1970).

Si on se place du point de vue géographique il est évident que le voltinisme, quantifié par le nombre de générations et la proportion de larves diapausantes de chaque génération, est un facteur déterminant dans la dynamique des populations. Cela a été pris d'abord en considération pour l'organisation de la régulation des populations (AUDEMARD, 1974/1975).

Les bas niveaux de population s'accompagnent de perturbations dans le comportement des adultes et des jeunes larves ainsi que dans le cycle, ces dernières amplifient l'importance du voltinisme. Les possibilités de multiplication de ces populations se trouvent accrues.

La construction d'une table de vie sans filiation directe nous a permis de constater une réduction naturelle plus importante des populations de bas

niveau lors de la seconde génération (94 % de mortalité) que de la première (84 %). Mais la fécondité et la mortalité à une période déterminée du cycle n'ont de véritable signification que dans la mesure où elles ne sont pas constantes. En utilisant la méthode mathématique d'étude de WATT (1963), qui se réfère au concept des « facteurs-clés » de MORRIS (1963), nous avons mis en évidence l'existence d'une période critique dans le cycle correspondante à l'hivernation (de la découverte de l'abri par la larve âgée à la sortie des adultes printaniers). Il nous semble que l'action fluctuante des agents entomopathogènes est le principal facteur qui intervient alors. Il est apparu par ailleurs que la capacité de reproduction des adultes dans la basse vallée du Rhône est bien supérieure à celle découlant de la fécondité de 50 œufs par femelle, considérée jusqu'alors comme moyenne.

Dans les vergers commerciaux de pommiers les coefficients de multiplication définis précédemment (Cf. III. 3) dépendront principalement : du voltinisme, de la capacité de reproduction des adultes et pour la première génération de la mortalité hivernale.

## 2. *Interprétation causale relative à la dynamique des populations de Carpopapse en verger de pommiers* (AUDEMARD, 1976).

Les théories les plus répandues sur les mécanismes de régulation naturelle des populations animales, qu'elles accordent un rôle prépondérant aux facteurs indépendants de la densité, aux facteurs dépendants ou à une combinaison des deux ont un caractère partiel. Elles ne se vérifient dans le cas du Carpopapse que dans des situations déterminées (dans l'espace et dans le temps). Elles supposent que les populations de Carpopapse présentent des réponses relativement rigides aux facteurs périodiques. Ce n'est pas le cas puisque ces populations ont des réactions adaptatives propres pouvant entraîner une certaine « auto-régulation » comme : les variations du voltinisme dans l'aire de répartition de l'Insecte et l'existence de populations qui se sont adaptées au noyer. Les facteurs cultureux sont capables d'amener

(1) Dans les régions septentrionales.

une sélection rapide du type de celles qui se sont manifestées lors de l'emploi de certains insecticides pour la lutte contre le Carpocapse. On est ainsi conduit à reconnaître le rôle important des facteurs

génétiques dans la dynamique des populations de Carpocapse.

Nous avons distingué parmi les facteurs intervenant dans le système Pommier/Carpocapse (Fig. 1) :

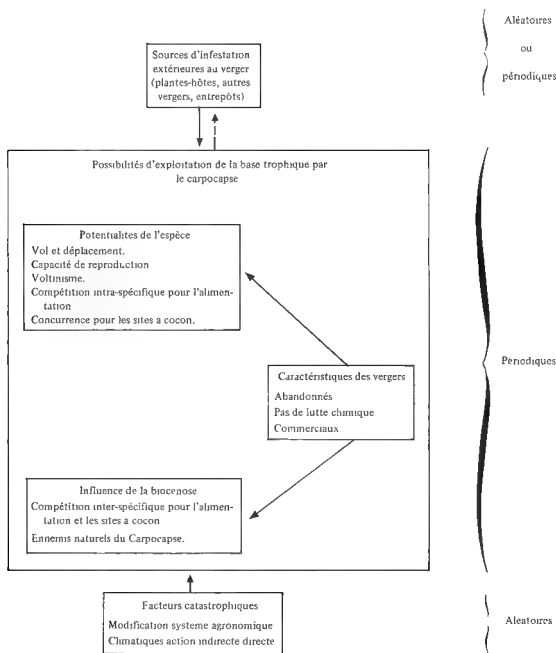


FIG. 1. — Essai d'interprétation des facteurs intervenant dans la dynamique des populations de carpocapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers.

1 — Des facteurs périodiques qui jouent un rôle régulier dans la dynamique des populations mais selon une hiérarchie différente en fonction de l'espace, du temps et des caractéristiques de l'agro-écosystème. Ces facteurs déterminant les possibilités d'exploitations de la base trophique par le Carpopapse. Parmi eux certains facteurs présentent un ajustement excellent dans leur périodicité quel que soit l'agro-écosystème verger de pommiers ce qui les rend apparemment constants. Ce sont : les signaux chimiques émis par les adultes femelles pour attirer les mâles, les signaux chimiques émis par la plante-hôte qui, en exerçant une attraction sur l'Insecte, assurent la relation basale Pommier/Carpocapse.

2 — Des facteurs essentiellement aléatoires dans l'espace et dans le temps qui peuvent éventuellement provoquer des situations catastrophiques pour l'espèce. A cet égard dans les situations historiques ou prospectives que nous avons examinées l'Insecte a toujours assuré la survie de sa population. Cela démontre les facultés d'adaptation du Carpopapse et la richesse de son pool génique. Il n'empêche que l'action de certains facteurs aléatoires peut entraîner des fluctuations très importantes des populations de Carpopapse.

Il faut néanmoins reconnaître que des mécanismes de régulation des populations, comme la compétition intra-spécifique pour la nourriture ou la concurrence pour les sites à cocon, ne peuvent pas être expliqués par les « théories génétiques ». Une intégration complète de l'ensemble des facteurs qui agissent sur la dynamique des populations de Carpopapse pourrait probablement être obtenue par un modèle cybernétique.

## V. — STRATÉGIES D'INTERVENTION CONTRE LE CARPOCAPSE

L'interprétation, que nous venons brièvement de présenter, concernant la dynamique des populations de Carpopapse nous amène à distinguer deux groupes de stratégies d'intervention :

1 — Les stratégies visant à utiliser des méthodes de lutte permettant soit d'accentuer la mortalité à une certaine période du cycle, soit d'accroître l'efficacité d'un facteur naturel de limitation. On peut classer dans ce groupe : la lutte chimique, la lutte microbiologique (préparation de *Bacillus thuringiensis*, de *Beauveria*, de granulose), la lutte biologique

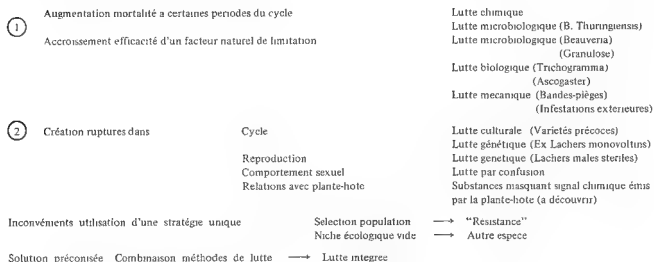


Fig. 2. — Stratégies d'intervention contre le carpopapse.

par utilisation d'entomophages (*Trichogrammes*, *Ascogaster*) et certaines mesures de lutte mécanique ou culturale.

Une action sur les larves hivernantes, par l'utilisation de préparation de *Beauveria* ou de bandes-pièges imprégnées d'un produit toxique, serait particulièrement intéressante dans la mesure où elle permettrait d'agir sur la population durant une période critique du cycle.

La maîtrise des populations de Carpopapse pourrait être obtenue plus facilement en associant aux méthodes précitées une lutte génétique visant à obtenir une contre sélection. Il s'agirait d'introduire de temps en temps des Carpopapses provenant de lignées présentant des caractères défavorables compte tenu de la dynamique des populations dans la région considérée.

2 — Les stratégies qui se proposent de créer des ruptures dans le cycle, la reproduction, le comportement de l'Insecte, ses relations avec la plante-hôte. Des méthodes variées semblent capables de parvenir à ce résultat :

— la lutte culturale par l'emploi de variétés très précoces dans les régions où l'Insecte est polyvoltin,

— la lutte génétique par lâchers de mâles stériles,

— la lutte par « confusion », c'est-à-dire par l'emploi de phéromone sexuelle pour empêcher la rencontre des sexes,

— la lutte par des substances masquant ou perturbant le signal chimique émis par la plante-hôte. Ces substances restent à découvrir.

Les méthodes susceptibles d'agir sur les facteurs apparemment constants (Cf. IV. 2) pourraient entraîner de graves perturbations dans la dynamique des populations pouvant aller jusqu'à la disparition de l'espèce de certains agro-écosystèmes. Mais comme nous l'ons déjà exposé (Cf. II) une éradication du Carpopapse ne nous paraît pas souhaitable. Ses grandes facultés d'adaptation nous amènent par ailleurs à craindre que la périodicité d'application d'une méthode de lutte puissante ne sélectionne rapidement des individus « résistants ». Il paraît plus prudent de recourir à une lutte intégrée qui

combinerait d'une manière relativement aléatoire plusieurs méthodes de lutte.

## VI. — CONCLUSIONS

La réalisation de programmes de lutte intégrée en vergers de pommiers dépend étroitement des possibilités de régulation des populations de Carpopapse. Nous croyons pouvoir dire que nous possédons des connaissances suffisamment approfondies sur la dynamique des populations de ce ravageur pour : d'une part les maîtriser grâce à des méthodes de lutte non polluantes, d'autre part éviter de soulever de nouveaux problèmes.

## BIBLIOGRAPHIE

- AUDEMARD (H.), 1974-1975. — La régulation des populations de Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) dans la lutte dirigée en verger de pommiers. *C. R. 5<sup>e</sup> Symp. O.I.L.B./S.R.O.P.* (Organisation internationale de lutte biologique / Section régionale ouest-paléarctique) sur la lutte intégrée en vergers. Bolzano (Italie), 3-7 sept. 1974. O.I.L.B. Wageningen 1975 : 213-226.
- AUDEMARD (H.), 1975. — Mise au point d'un programme de lutte intégrée en verger de pommiers de la basse vallée du Rhône. *A.C.T.A.* (Association de coordination technique agricole) lutte intégrée. *Note d'information* (N° spécial 6) : 62 p.
- AUDEMARD (H.), 1975-1976. — Mesure exacte de la population de Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) et de sa dynamique dans un verger de pommiers. *Com. Réunion « Lutte contre les Lépidoptères nuisibles aux arbres fruitiers F.A.O./I.A.E.A. (Food administration organisation/International atomic energy agency) et O.I.L.B./S.R.O.P.* Vienne, 17-21 nov. 1975. *Bull. O.E.P.P.* « sous presse ».
- AUDEMARD (H.), 1976. — Etude démoécologique du Carpopapse (*Laspeyresia pomonella* L.) en verger de pommiers de la basse vallée du Rhône. Possibilités d'organisation d'une lutte intégrée. *Thèse Doc. Ing. Univ. F. Rabelais Fac. Sci. Tours*, 365 p., 5 octobre 1976.
- COUTIN (R.), ARNOUX (J.), 1963. — Particularités de l'évolution d'une population de *Laspeyresia pomonella* L. *Ann. Epiphyt.*, 14, 285-286.



- GEIER (P.W.) 1964. — Populations dynamics of codling moth (*Cydia pomonella* L.) (*Lepidoptera*: *Tortricidae*) in South-eastern Australia. *Austr. J. Zool.*, **11**, 431-435.
- MAC LELLAN (C.R.), 1972. — Codling moth populations under natural, integrated and chemical control on apple in Nova Scotia (*Lepidoptera*: *Olethreutidae*) *Can Entomol.*, **104**, 1397-1404.
- MORRIS (R.F.), 1963. — Predictive equation based on key factors. *Mem. Entomol. Soc. Can.*, N° 32 (Population dynamics of agricultural and forest insects pests): 16-32.
- SLUSS (R.R.), FERRO (D.N.), BOGYO (T.P.), 1974-1975. — Studies of population structure and dynamics of the codling moth for the development of a model of sterile male release strategy. *Proc. Symp. on Sterile principle for Insect control* 1974, Vienne, 22-26 july 1974. *I.A.E.A.* (International atomic energy agency) Vienne: 169-176.
- WATT (K.E.F.), 1963. — Mathematical population models for five agricultural crop pests. *Mem. Entomol. Soc. Can.*, N° 32 (Population dynamics of agricultural and forest insects pests): 83-91.
- WILDBOLZ (Th.), 1969-1970. — Problème de la lutte intégrée contre le Carpocapse. *C. R. 4<sup>e</sup> Symp. O.I.L.B.* (Organisation internationale de lutte biologique) sur la lutte intégrée en vergers. Avignon, 9-12 sept. 1969. O.I.L.B. Zurich: 63-73.

## ASPECTS D'ÉCOLOGIE GLOBALE DANS LES MONTAGNES DES PALNI ET DES NILGIRI (INDE DU SUD)

par J.P. TROY (1), P. LEGRIS (2) et B. SOUCHIER (3)

### RÉSUMÉ

*Les montagnes des Nilgiri et des Palni dans le Sud de l'Inde ont fait l'objet de nombreuses publications depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle. Toutefois leur géologie, leur géomorphologie et leur pédologie sont encore de nos jours très imparfaitement connues. Dans le cadre des activités de l'Institut Français de Pondichéry, une étude des sols de ces régions fut entreprise en 1966 dans une optique écologique. Cet article est consacré à une présentation sommaire des traits originaux les plus marqués de la pédogenèse en relation avec les caractères physiographiques, bioclimatiques et phytogéographiques de ces montagnes tropicales.*

*Leur physiographie résulte essentiellement des puissantes dislocations qui ont localement affecté les matériaux rigides du socle indien lors d'épisodes tectoniques successifs dans l'histoire géologique du sub-continent. Un surprenant contraste géomorphologique oppose la vigueur des puissants escarpements périphériques au modelé mou des surfaces sommitales. Les roches affleurantes, cristallophylliennes et de couleur sombre, se rapportent pour l'essentiel au groupe complexe des « charnockites ». Le climat, typiquement tropical par ses rythmes thermiques et par la fréquente brutalité de ses précipitations, est cependant caractérisé par l'abaissement du niveau des températures, corrélatif de l'altitude, et par la variabilité interannuelle du régime pluvio-*

*métrique en liaison avec l'origine diverse des pluies. La saison sèche demeure cependant d'assez courte durée en général. Trois étages majeurs de végétation se succèdent de la base au sommet de ces montagnes. Audessus de 1900 m d'altitude, l'étage « montagnard » s'individualise par des caractères floristiques et structuraux de grande importance. La pédogenèse y est dominée par une intense hydrolyse continue des roches mères, qui se traduit par une forte ou très forte individualisation des sesquioxides d'Al et de Fe (consécutive à la lixiviation des autres éléments : bases et silice), et par un faible taux de recombinaison kaolinique. Par ailleurs, les conditions écologiques d'ensemble (notamment le climat) favorisent l'abondante accumulation de matière organique évoluée dans les horizons supérieurs des profils.*

*En conclusion, une discussion est engagée quant à l'importance qu'il convient d'attribuer aux sols dans un essai de compréhension globale des paysages sur ces montagnes : les particularités du complexe d'altération et leurs apparentes relations avec les types de végétation représentés en altitude, suggèrent que les processus de la pédogenèse actuellement active auraient pu débiter à une époque peu ancienne. Dans ce cas un épisode rhéostatique brutal et bref, suffisant pour araser les altérites antérieures, serait vraisemblablement intervenu.*

(1) Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 19, Av. du Maine, 75015 Paris.

(2) Centre d'Etude de Géographie Tropicale, Domaine Universitaire, 33405 Bordeaux-Talence.

(3) Centre de Pédologie Biologique, B.P. 5, 54500 Vandœuvre-les-Nancy.

## ABSTRACT

Ecological studies in the Palni and Nilgiri Hills  
(South India)

Many studies have been devoted to the S. Indian mountains since the early eighties. Yet their geology, their geomorphology and moreover their pedology remain partly unknown. An investigation of the montane soils of these regions was undertaken in 1966 from an ecological view. After a somewhat detailed presentation of physiographic, climatic and phytogeographic characteristics of the Nilgiri and Palni Hills, a brief account of the main peculiarities of the pedogenesis in these tropical mountains is given here.

Their physiography is the result of heavy tectonic dislocations and upheavals which affected parts of the Indian shield at various epochs. Their geomorphology is dominated by the striking contrast which opposes their precipitous edges to their lofty "plateaus". Rocks belong mostly to the highly metamorphic group of "charnockites". The climate, typically tropical by its thermic regimes, is characterized by the low level of temperature and by the variable rainfall regime, due to the various origins of the rains. Yet, the dry season

remains short. Three major altitudinal belts of vegetation can be identified along the slopes of the mountains. The montane one (over 1900 m in elevation) shows various peculiarities of great importance. The distribution of major vegetation types (forests and grasslands) is shortly discussed in this paper. Soil genesis is dominated by a continuous and intense hydrolysis of rocks which results in an accumulation of alumina and iron with a low or very low level of clay synthesis. In the upper horizons the climatic conditions induce a great accumulation of evolved organic matter.

As a conclusion the place of soils in a comprehensive investigation of the montane landscapes is discussed: the main characteristics of the weathering complex and the links existing between it and the present vegetation types suggest that the processes of pedogenesis started at and epoch probably not remote (in the geological scale of ages). An intense and brief erosion episode might have taken place in the recent geological history.

De nombreux travaux ont été consacrés à la connaissance des hauts reliefs du Sud de l'Inde depuis le début du 19<sup>e</sup> siècle : très vite après les premières reconnaissances (1812-1820), l'Administration britannique fit entreprendre l'inventaire systématique des ressources et des potentialités de ces régions, en même temps qu'elle y implantait des stations climatiques de villégiature, créait un réseau routier et favorisait l'installation des premières plantations industrielles de caféiers et de théiers. Cependant, si l'on put assez tôt considérer le catalogue floristique comme achevé (BEDDOME, 1876), la géologie, la géomorphologie et surtout la pédologie de ces massifs, demeurent, encore de nos jours, très incomplètement connues : malgré les études réalisées par divers services scientifiques ou techniques — notamment du Geological Survey of India et du Central Soil and Land Use Survey — il n'existe aucune carte publiée de caractère géologique ou pédologique, qui couvre l'ensemble de ces régions montagneuses.

Dans le cadre des activités de l'Institut Français de Pondichéry, une étude écopédologique de ces

milieux d'altitude a été entreprise dès 1966, simultanément aux travaux bioclimatologiques et phytogéographiques de F. BLASCO, dont la synthèse très complète et précise (1971) nous fournira les principaux éléments de caractérisation des formations végétales

Dans cette note, nous nous proposons d'analyser le déterminisme des paysages d'altitude sur ces massifs, l'originalité des conditions pédogénétiques dans les écosystèmes tropicaux correspondants, et les caractères spécifiques majeurs des sols qui s'y sont développés.

Nous nous limiterons au domaine de plus haute altitude (au-dessus de 1 900-2 000 m), que nous désignerons sous le vocable de Hautes Terres. Quoique très bien individualisées sur le plan physiographique, ces régions sommitales ne sont pas indépendantes des bordures. Pour en préciser la spécificité il nous sera nécessaire d'indiquer — au moins sommairement — les principaux liens existant avec les autres niveaux altitudinaux.



# 1. — INDIVIDUALITÉ ET ORIGINALITÉ PHYSIOGRAPHIQUE DES NILGIRI ET DES PALNI

## 1.1. GÉNÉRALITÉS : STRUCTURES ET TECTONIQUE RÉGIONALES.

Séparés par la Trouée de Palghât, les imposants massifs des Nilgiri au Nord et des Palni-Anamalai au Sud représentent les montagnes les plus élevées de tout le sub-continent indien. Entre 10° et 11°40' de latitude N, ils surgissent brusquement des plaines et des plateaux qui les entourent et sont bordés de tous côtés par d'impressionnants versants aux pentes très raides ou par de grandioses falaises. Le point culminant : l'Anamudi (2 695 m) se trouve au cœur des Anamalai, mais les Nilgiri atteignent des altitudes voisines (Dodabetta : 2 635 m, Kolaribetta : 2 629 m).

Observés à l'échelle de la péninsule indienne, ces « élargissements locaux sur l'axe de la longue chaîne des Ghât Occidentaux correspondent à d'importants épis plus ou moins arqués, divergeant en direction SW-NE de l'axe général NNW-SSE. L'arc des Nilgiri se prolonge, au-delà de l'étroit couloir de la Moyar, dans le rebord surélevé et escarpé du Plateau de Mysore qui représente la terminaison méridionale des Ghât Orientaux. Plus au Sud, l'arc des Palni se poursuit dans les monts isolés des Sirumalai (1 500 m).

On ne peut qu'être frappé par le violent contraste opposant la vigueur des bordures et le modelé très mou des régions sommitales, souvent désignées sous le vocable — sans doute impropre — de « *Hauts Plateaux* ». Les façades W et S des Nilgiri le rebord S des Palni sont en bien des endroits d'immenses murailles à décrochements verticaux multiples, dominant de 2 000 m les plaines d'où elles surgissent, et tranchant net les surfaces ondulées des *Hauts Plateaux*.

L'origine essentiellement tectonique de ces reliefs paraît universellement admise : des dislocations et des mouvements relatifs de grande amplitude verticale se sont exercés à diverses époques sur les matériaux rigides du bouclier indien, le long de zones privilégiées de cisaillement. La part attribuable à l'érosion différentielle dans la mise en relief relative de ces massifs serait très limitée malgré les particularités, brièvement présentées ci-dessous, des faciès rocheux correspondants.

VAIDYANADHAN *et al.* (1971) montrent l'existence dans les Nilgiri de quatre systèmes de linéaments : un latitudinal, un méridien et les deux autres parallèles aux directions des deux chaînes de Ghât dans la région. Ces quatre systèmes commandent les escarpements périphériques et le tracé de la majeure partie des cours d'eau indépendamment de la foliation des roches. L'examen attentif du réseau hydrographique des Palni confirme aussi leur importance dans la physiographie de ce massif.

Un parcours, même rapide, des Hautes Terres fait apparaître leur compartimentage en *touches de piano*, peut-être plus net sur les Palni que sur les Nilgiri : des mouvements comparativement mineurs ont donc affecté aussi les surfaces supérieures. DEMANGEOT (1974) constate en outre sur les Nilgiri « un gauchissement très visible des marges du massif, vers l'extérieur ».

## 1.2. LITHOLOGIE.

Ces montagnes sont constituées pour l'essentiel de leur masse, d'un ensemble de roches cristallophylliennes de couleur sombre que HOLLAND (1900) rassemblait dans ce qu'il dénommait la « *charnockite series* ». Les auteurs récents, à la suite de SUBRAMANIAM (1959), préfèrent utiliser les vocables de « *pyroxene granulites* » pour le groupe des variétés ultra-basiques, basiques et neutres (*p.p.*) et de « *charnockite suite* » pour le groupe des variétés neutres (*p.p.*) et acides. Bien que de très nombreux travaux aient été consacrés à ces roches, le problème de leur origine ne paraît pas encore définitivement éclairci.

Divers « accidents » lithologiques apparaissent dans les massifs de granulites pyroxéniques et de charnockites ; malgré leur fréquence ils n'ont qu'une faible extension spatiale. Ils sont généralement constitués de mylonites, brèches de métamorphisme, norite, leptynites, *dykes* doléritiques, quartzite, bancs de magnétite, etc... Les granites, inconnus sur les Nilgiri sont signalés de façon exceptionnelle en bordure S des Palni (MURTHY, 1968) Nous avons également rencontré quelques affleurements

très locaux d'un granite leucocrate à grain grossier, apparemment intrusif, en forêt de Top Station entre 1 800 et 1 850 m d'altitude, sur la limite entre les Palni et les Anamalai. Ces affleurements sont rendus très repérables par le produit de leur altération : une profonde arène à structure héritée.

Aux « charnockites » dominantes des Hautes Terres et des grands escarpements W et S, s'ajoutent — particulièrement sur les versants N jusqu'au niveau supérieur, et sur les éperons orientaux à basse et moyenne altitudes — des gneiss variés, nettement lités et traversés de dykes parfois importants. Leur appartenance au grand groupe des « gneiss péniinsulaires archéens » est admise par la plupart des auteurs. Leurs caractères pétrographiques très variables d'un type à l'autre et au sein d'une même masse rocheuse ne permettent pas d'en donner une description détaillée de valeur générale. Localement, ils peuvent renfermer en abondance des grenats, des micas ou des amphiboles (hornblendes). Au pied des montagnes, des amphibolites, des schistes hautement métamorphiques, des quartzites et des cipolins représenteraient le socle primitif, très antérieur aux épisodes de charnockitisation.

### 1.2.1. Structure pétrographique, minéralogie, géochimie des granulites et des charnockites.

L'ensemble de ces roches est caractérisé par une structure granulitique très nette. Les minéraux cardinaux (quartz généralement bleuté et feldspaths le plus souvent perthitiques), en grains sub-automorphes, sont en proportions relatives largement variables d'un type à l'autre, et inconstantes au sein d'une même masse rocheuse.

Les minéraux essentiels sont toujours des amphiboles (hornblendes), divers pyroxènes (dont l'hypersthène caractéristique), et la biotite localement abondante.

Le zircon (en petits cristaux automorphes bipyraxidaux) et la magnétite (en granules disséminés ou parfois agrégés en globules) sont les minéraux accessoires les plus constants. L'apatite est assez fréquente. Les grenats, rares dans les roches du centre des Palni, sont au contraire très abondants au cœur des Nilgiri, dans la région de Wellington- Ootacamund. Ils représentent à nos yeux un élément différentiel important entre les deux massifs par suite de leur faible résistance à l'altération et de leur teneur élevée en aluminium, fer et alcalino-terreux.

La diversité de composition minéralogique peut avoir pour corollaire une large amplitude de variation géochimique. Cependant, quelques analyses réalisées sur des échantillons provenant des Hautes Terres des Palni ont donné les résultats suivants (en % de la roche (1)), qui montrent une homogénéité certaine en dépit de caractères pétrographiques nettement distincts.

### 1.2.2. Anisotropie et discontinuités.

La foliation est un fait constant mais pas toujours très visible. Elle est très généralement orientée SW-NE (comme d'ailleurs dans tout le S de la péninsule), avec des pendages forts ou très forts vers le SE (2). Une certaine linéation est parfois discernable. Localement des microplis peuvent affecter les roches (environs de Gundar Bungalow, Palni, par ex). Les structures d'aspect lité ne sont pas rares, mais il s'agit le plus souvent de lentilles allongées ou

(1) Analyses : Centre de Pédologie Biologique, CNRS, Nancy.

(2) De nombreuses inversions locales de pendage ont toutefois été signalées.

|           | Si O <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Mn O | Mg O | Ca O | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | Ti O <sub>2</sub> | Roche                                |
|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------------|
| TI'ST. 01 | 590               | 152                            | 76                             | 1,1  | 33   | 50,5 | 26               | 42                | 7                 | Charnockite                          |
| VANDA. 01 | 560               | 162                            | 75                             | 0,8  | 26,5 | 45   | 32               | 44,5              | 6                 | Gneiss/enderbite                     |
| KUKKAL    | 570               | 163                            | 80                             | 0,7  | 41   | 44   | 22               | 38                | 15                | Charnockite                          |
| PULAV. 04 | 580               | 176                            | 50                             | 0,65 | 16,5 | 37   | 46               | 46                | 9                 | Granito/gneiss à biotite hypersthène |

de lits qui s'estompent progressivement dans la masse rocheuse.

Outre ces caractères d'anisotropie, de très nombreuses veines de quartz (souvent anastomosées et à grains fissurés), et des filons d'aplite et de pegmatites, créent une hétérogénéité de détail et participent directement à la circulation des eaux percolantes.

L'ensemble est fortement diaclasé : aux joints de pendage et aux microfractures orientées selon les directions principales des cassures tectoniques, peuvent s'ajouter des diaclases sub-horizontales ou plus ou moins conformes aux surfaces topographiques actuelles (1), qui délimitent des bancs rocheux d'épaisseur généralement comprise entre 10 et 150 cm et dont le rôle dans les processus d'altération paraît très important.

### 1.3 MODELÉ ET RELIEF SUR LES HAUTES TERRES.

A la suite des travaux de WADIA (1943) sur les montagnes de Ceylan, l'opinion généralement admise consiste à reconnaître dans les lignes douces des régions sommitales, des « surfaces pénéplanées, vieilles », soulevées dans leurs formes originelles jusqu'à leur altitude actuelle, et accessoirement perturbées par des dislocations mineures.

Les études les plus récentes (VAIDYANADHAN et coll., DEMANGEOT, 1974) identifient dans les Nilgiri des surfaces d'érosion emboîtées, d'âge hypothétique, mais en tout cas antérieures aux plus puissants mouvements d'orogénèse tectonique : certains lambeaux de carapaces latéritiques représenteraient sur les Hautes Terres les vestiges de la plus ancienne surface d'érosion (« High level laterite » de FERMOR), qui pourrait être, comme la « grande surface africaine », d'âge crétacé ou tertiaire inférieur.

Un cas particulier, que nous signalons semble-t-il pour la première fois, concerne le moutonnement de petites collines en *demi-oranges* parfaites, que l'on peut observer dans tout le bassin supérieur du Konal

Ar (Palni), à 2 300 m d'altitude. Le modelé, exceptionnel dans ces régions, de ces collines entièrement constituées de latérite bauxitique (1), est normalement « typique des vieilles pénéplaines des régions équatoriales ou tropicales humides sur socle cristallin » (TRICART et CAILLEUX, 1965). Il ne correspond pas aux conditions climatiques de la montagne actuelle. La partie supérieure de la carapace bauxitique est d'ailleurs reprise dans un nouveau cycle pédogénétique. Il faut donc admettre que la totalité de ce haut bassin est un vestige remarquablement bien conservé d'une surface ancienne, développée à faible altitude et « fossilisée » malgré les conditions actuelles de forte altération.

Les cours d'eau des Hautes Terres donnent l'impression d'une maturité accusée tant par leurs vallées que par leurs bassins de réception. Leur évolution actuelle paraît extrêmement ralentie de même que celle des versants qu'ils drainent. Des études morphométriques récentes (PARDHASARADHI et RAMANA RAO, 1970) tendent à confirmer cette maturité. Les vallées débouchent dans des dépressions à fond plat, oblongues et semi-fermées, d'origine très ancienne, probablement ante-miocène (DEMANGEOT, 1974).

L'ensemble des Hautes Terres semble ainsi « figé » dans des formes héritées du passé géologique éloigné. Cette stabilité nous paraît être une donnée fondamentale pour la compréhension globale des phénomènes de pédogenèse sur ces montagnes. Elle implique a priori que les écosystèmes naturellement en place fonctionnent dans des conditions de biostase presque parfaite. En outre il faut admettre, ou bien que la biostase s'est installée définitivement dès la surrection complète des massifs, ou bien que les crises postérieures d'érosion — probables compte tenu de l'amplitude des alternances climatiques au Quaternaire — n'ont pas conduit à des altérations importantes de la surface sur les Hautes Terres. Il conviendrait alors, dans cette seconde hypothèse, de préciser les modalités particulières selon lesquelles

(1) D'autres gisements, d'ailleurs sensiblement plus riches en alumine, sont également connus aux Nilgiri (Dodabetta, Boradai, Kerkombai, Kotagiri), mais ils ne s'accompagnent pas d'un modelé aussi caractéristique que celui du haut Konal Ar.

(1) Ces diaclases sont probablement attribuables à la libération des tensions internes sous l'effet de la décompression.

les ruptures d'équilibres biostatiques se sont manifestées dans les paysages montagnards du S de l'Inde (1).

## 2. — CLIMAT ET BIOCLIMATS DE MONTAGNE

Ces montagnes — et plus particulièrement leurs Hautes Terres — sont soumises à des conditions climatiques originales qui résultent de la superposition à leur niveau de deux paramètres essentiels :

— Leur localisation géographique les expose directement, de Mai à Octobre, au régime sectoriel très particulier de la mousson indienne, tandis que la proximité de l'équateur thermique observé — déjeté de plusieurs degrés vers le N dans cette partie du monde — détermine un ensemble de phénomènes de caractère sub-équatorial.

— L'altitude — notamment au-dessus de 1900-2 000 m — introduit dans ces régions une spécificité très marquée sur le plan thermique, dont les conséquences sont très importantes au niveau écologique (nature, fonctionnement et dynamisme des biocénoses) et fondamentales au niveau pédologique (minéralisation ralentie de la matière organique, infléchissement des bilans hydriques vers des conditions de drainage permanent).

Les diagrammes ombro-thermiques moyens (fig. 1) que l'on peut établir pour les 3 stations principales, montrent qu'elles bénéficient, en moyenne, d'un climat tropical frais axérique ou à très courte saison sèche : type *eu-mésaxérique* et *sub-mésaxérique* de la terminologie de GAUSSEN (BAGNOULS et MEHER-HOMJI, 1959; MEHER-HOMJI, 1963). Il s'agit bien de variantes d'un climat tropical plus général (LEGRIS et VIART, 1961), et non de climats tempérés comme le laisserait entendre l'expression anglaise très communément utilisée en Inde : « *montane temperate climate* ».

(1) Dans des travaux en cours, nous nous efforçons d'apporter à ces questions un éclairage pédologique, jusqu'à présent non utilisé.

### 2.1. RÉGIME THERMIQUE (Cf. Tableau 1).

Partout sur les Hautes Terres, les températures moyennes mensuelles varient peu de part et d'autre de la moyenne annuelle (régime de type sub-équatorial), avec un maximum en Avril-Mai et un minimum en Janvier.

Les amplitudes moyennes mensuelles (différence de la moy. des maximums et de la moy. des minimums pour chaque mois) sont très nettement influencées par les pluies, avec un minimum en Juillet-Août aux 3 stations (saison pluvieuse), et un maximum en Février-Mars (saison sèche). Au vu de ce critère, le climat des Nilgiri (Ootacamund, Coonoor) est davantage contrasté que celui des Palni (Kodai-kanal).

Le rythme journalier des contrastes thermiques est accentué en altitude, particulièrement au-dessus de 2 000 m, par la réduction de l'inertie thermique de l'air et par la plus grande transparence de l'atmosphère.

Des enregistrements continus réalisés dans les conditions réelles sous forêt et en savane (BLASCO) ont montré que :

- sous forêt à 2 150 m d'altitude, les amplitudes thermiques journalières varient de 2 à 18 °C, elles sont le plus élevées entre Février et Avril et très faibles en période pluvieuse; la température ne s'abaisse pratiquement pas au-dessous de 0 °C;
- en savane les courbes journalières présentent de brusques irrégularités; de Décembre à Avril les minimums peuvent s'abaisser jusqu'à -9 °C au lever du jour et les maximums peuvent atteindre 50 °C; l'amplitude journalière demeure élevée en période pluvieuse (de l'ordre de 30 °C).

Ces rythmes journaliers, fortement influencés par la structure des phytocénoses, seront intensément ressentis par les végétaux, mais il n'est pas exclu qu'ils interviennent aussi dans les sols sur l'évolution biochimique des horizons superficiels.

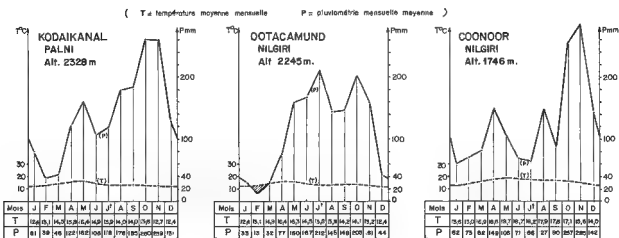
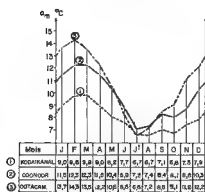


FIG. 1. — Diagrammes ombrothermiques moyens des trois stations principales.

FIG 2 — Amplitudes thermiques moyennes mensuelles ( $a_m$ ) (période 1961-1967).TABLEAU I  
Données météorologiques sommaires (stations principales)

| Températures (°C)                                   | KODAIKANAL                               | OOTACAMUND                               | COONOR                                   |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| T <sub>A</sub> (temp. moy. ann.)                    | 14,0                                     | 14,1                                     | 16,9                                     |
| T <sub>m</sub> (temp. moy. du mois le plus froid)   | 12,4                                     | 12,4                                     | 13,6                                     |
| Variabilité de T <sub>m</sub>                       | 12,5 < T <sub>m</sub> < 14,3<br>3 mois/4 | 12,5 < T <sub>m</sub> < 14,3<br>3 mois/4 | 12,5 < T <sub>m</sub> < 14,3<br>3 mois/4 |
| moy. des temp. minimum                              | 10,4                                     | 9,1                                      | 12,1                                     |
| Risques de temp. < 0 en terrain découvert ou au sol | tous les ans tous les ans de déc. à mars | tous les ans tous les ans de déc. à mars | tous les ans tous les ans de déc. à mars |
| temp. min absolue prob.                             | 23-25                                    | 25-31                                    | 28-32                                    |
| temp. min absolue prob.                             | 2-6                                      | 0-2                                      | 2-5                                      |
| amplitude thermique journal. moy. probable          | 15                                       | 17-22                                    | par fraîche janv.-mars                   |

| Pluviométrie (mm)                        | KODAIKANAL             | OOTACAMUND             | COONOR                 |
|------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| P <sub>A</sub> (pluv. moy. ann.)         | 1689                   | 1393                   | 1510                   |
| Variabilité de P <sub>A</sub>            | 1400 à 1900<br>3 ans/4 | 1050 à 1650<br>3 ans/4 | 1300 à 1900<br>3 ans/4 |
| Nombre moyen annuel de jours de pluie    | 107 jours              | 106 jours              | 85 jours               |
| Nb. probable de jours de pluie (année)   | 90 à 120 jours         | 80 à 120 jours         | 75 à 100 jours         |
| "Dry spells" probables                   | 30 à 60 j              | 50 à 80 j              | 75 à 100 j             |
| pluviométrie maximale prob. en 24 heures | 50 à 100 mm            | 80 à 100 mm            | 60 à 100 mm            |
| Coefficient de FÖRSTER                   | 40,0                   | 32,2                   | 53,8                   |

\* d'après LEGRIS et BLASCO 1969

## 2.2. RÉGIMES PLUVIOMÉTRIQUE ET HYGROMÉTRIQUE.

Deux causes principales distinctes déterminent sur ces montagnes la majorité des précipitations :

— les pluies *zénithales* intéressent tout le S de l'Inde mais les ascendances orographiques les intensifient. Elles suivent avec quelque retard, en Avril-Mai et en Octobre-Novembre, les passages du soleil au zénith. Elles sont renforcées en Novembre-Décembre par les effets marginaux des dépressions cycloniques formées à cette époque dans la baie du Bengale. Malgré leur grande irrégularité, elles re-

présentent l'apport hydrique fondamental sur les flancs N et E des massifs très peu affectés par la mousson.

— Le balancement de la zone de convergence inter-tropicale (CIT), et la brusque déviation de l'alizé austral au passage de l'Equateur déterminent chaque année la mise en place du vent très humide de la *mousson indienne*, qui persiste dans ces régions de Mai à Octobre (PEDELABORDE, 1958; LEGRIS, 1963). De secteur constant (SW), il frappe de plein fouet les flancs W et SW des deux massifs où il déverse d'énormes tranches d'eau : la chaîne des Kundah aux Nilgiri peut recevoir annuellement

8 000 mm de pluie dont plus de 2 000 en un seul mois. La configuration générale du relief sur ces montagnes, particulièrement aux Nilgiri, a pour conséquence directe un *gradient de décroissance rapide de la pluviosité d'W en E* : certains bassins des Hautes Terres reçoivent des tranches d'eau annuelles moyennes à peine supérieures à 1 000 mm (bassins de Ketti aux Nilgiri, de Manavanur-Talinji aux Palni. La mousson s'engouffre dans la Trouée de Palghât mais ses effets pluviométriques directs s'atténuent très vite vers l'E. Elle engendre toutefois d'épais brouillards ascendants dans les vallées du flanc SE des Nilgiri.

Accessoirement, des averses d'une extrême irrégularité se produisent en hiver.

L'agressivité des pluies reste assez forte dans ces régions, comme l'indiquent déjà les valeurs calculées du coefficient moyen de FOURNIER (1960) : Cf tableau 1. Des précipitations de 100 mm en 24 h ne sont pas rares : « ... entre 2 000 et 2 600 m, le climat conserve le caractère brutal des précipitations tropicales » (LEGRIS et BLASCO, 1969).

L'analyse des observations des années successives (1) a permis de mettre en évidence la variabilité interannuelle importante des précipitations (à la fois en quantité et en répartition dans le temps), et l'existence d'une saison sèche qui se manifeste au moins 3 années sur 4, partout sur ces montagnes : brève (1-2 mois) sur les Anamalai, les crêtes méridionales des Palni, ainsi qu'à moyenne altitude, sur les flancs S et SE des deux massifs; modérée (3 à 4 mois) partout ailleurs sur les Hautes Terres (et en particulier sur la chaîne très arrosée des Kundah); longue sur les flancs N : 3-6 mois). La période sèche s'installe généralement en décembre-janvier et se poursuit jusqu'en mars-avril. Elle est ponctuée d'averses délimitant des périodes sans pluies ou *dry spells*. Celles-ci ont été de 21 à 57 jours à Kodakanal entre 1964 et 1968. A Ootacamund « on note dans tous les cas, au moins 60 jours consécutifs très secs » (L. et B., 1969).

Les variations journalières du degré hygrométrique de l'air (H), au niveau du sol dépendent de la

saison et de la nature du couvert végétal. Partout sur les Hautes Terres, l'état de saturation est pratiquement atteint chaque jour en fin d'après-midi et au début de la nuit. Mais :

- *en savane* et au lever du jour, l'air peut être très sec (H proche de 0) en saison sèche ou assez sec (H de l'ordre de 50) en saison pluvieuse;
- *sous forêt* un état proche de la saturation se maintient tout au long des périodes de pluie et persiste pendant plusieurs semaines après leur arrêt. Par la suite les amplitudes journalières s'accroissent progressivement et peuvent atteindre 50 %.

Ces diverses alternances d'humidité et de sécheresse sont enregistrées par la végétation (phénologie et adaptations xérophytiques diverses). De ces variations dépendent, dans les horizons de surface du sol, (les processus biochimiques d'humification, dont l'importance considérable est une caractéristique essentielle de la pédogenèse tropicale de montagne. Par contre l'écran constitué par les horizons très humifères contribue à atténuer très rapidement les fluctuations diurnes et saisonnières d'humidité. Le bilan hydrique globalement positif sur les Hautes Terres (à l'exception peut-être des bassins centraux les moins arrosés) induit alors le maintien dans les horizons d'altération, d'une ambiance pédoclimatique favorable à une hydrolyse continue. La nature des produits minéraux qui en résultent est un deuxième aspect spécifique de la pédogenèse dans ces régions.

### 3. — MOSAÏQUE DES FORMATIONS VÉGÉTALES

#### 3.1. ETAGEMENT DE LA VÉGÉTATION.

La diversité des bioclimats dans ces montagnes et l'intensité des pressions anthropiques qui se sont exercées sur leurs flancs depuis des époques reculées, rendent délicate la caractérisation des ceintures de végétation. L'utilisation simultanée de critères flo-

(1) Cf. LEGRIS et BLASCO (1969), BLASCO (1971).

ristiques, physionomiques, structuraux et dynamiques permet toutefois d'établir des correspondances entre la végétation et les conditions écologiques aux diverses altitudes, plus satisfaisantes que les seules considérations floristiques. Avec BLASCO (1971), nous distinguerons 3 étages majeurs de végétation dans ces régions :

### 3.1.1. Etage de basse altitude.

Limité approximativement par les isohypses de 1 000 m sur les flancs W très arrosés et de 800/900 m sur tous les autres versants, cet étage est caractérisé par des températures très élevées. A l'W c'est le domaine naturel de la *forêt dense ombrophile sempervivente* aujourd'hui très largement détruite ou secondarisée en forêt ombrophile semi-décidue. Sur tous les autres versants, soumis à des conditions de sécheresse intense, la *forêt décidue sèche* climax est presque partout remplacée par des savanes, parfois arborées, plus généralement arbustives, toutes caractérisées par la dominance absolue dans la strate principale d'une grande Graminée cespiteuse : *Cymbopogon flexuosus* (NEES) WAT., dont la brusque disparition vers 800/900 m correspond à une forte intensification du gradient floristique.

### 3.1.2. Etage de moyenne altitude.

Au-dessus de 800/1 000 m d'altitude, d'importants témoins de la végétation forestière climacique subsistent sur tous les versants. Cependant une ceinture de savanes hautes, arborées et arbustives, partout dominées par une Graminée cespiteuse géante : *Themeda cymbaria* HACK., constitue l'élément le plus typique de l'étage.

— Entre 800/1 000 m et 1 400/1 500 m, à la savane généralement arborée, correspondent trois types majeurs de formations forestières :

- Sur les flancs N, des *forêts sèches décidues* généralement dégradées en forêts claires ou en savanes boisées, où dominent des Légumineuses et des Combrétacées.

- Sur les versants W et S très pluvieux, des *forêts ombrophiles semperviventes*, en grande partie remplacées par des plantations industrielles.

- Sur les éperons orientaux, des *forêts denses humides semi-décidues*, auxquelles s'apparentent étroitement les galeries forestières des talwegs. Nettement structurées, ces formations présentent une strate supérieure de grands arbres (35/40 m) décidus 1 à 2 mois par an. Parmi eux dominent des Méliacées et de grandes Lauracées auxquelles sont associées des Burséracées, des Rosacées, des Myrtacées, des Césalpiniacées, des Moracées.

— Au-dessus de 1 400/1 500 m et jusque vers 1 900/2 000 m, la savane à *Themeda cymbaria*, sensiblement plus basse, n'est plus qu'arbustive; la majorité des ligneux de ce niveau sont des orophytes, dont beaucoup se maintiennent sur les Hautes Terres. Les formations forestières de massif sont rares (*Tiger Shola* sur l'éperon oriental des Palni, *Forêt de Top Station* à l'W); physiologiquement et floristiquement elles forment transition avec les forêts des Hautes Terres et diffèrent sensiblement selon l'exposition. Très généralement ne subsistent que des rubans forestiers vallicoles, dans les talwegs. L'implantation humaine est ici très dense : c'est le domaine des plantations, industrielles sur les flancs W et S, artisanales ailleurs. Les fougères à *Pteridium*, favorisées par l'homme, apparaissent vers 1 500 m d'altitude.

### 3.1.3. Etage des Hautes-Terres ou Etage montagnard.

Le passage aux Hautes Terres, physiographiquement très clairement défini à l'E et au N entre 1 900 et 2 000 m d'altitude (1) sur les deux massifs, fait apparaître d'importants changements dans la végétation, perceptibles à tous les niveaux d'observation :

— Dans le paysage les formations à dominance graminéenne couvrent les plus grandes surfaces; leur installation est vraisemblablement très ancienne.

(1) Les fronts de falaises des flancs W et S atteignent le plus souvent 2 300 à 2 500 m d'alt. Au-dessus de 2 000 m, la végétation qui s'accroche sur ces murailles est floristiquement montagnarde.

— Abstraction faite des groupements spécialisés des mouillères — localisées aux fonds de dépressions semi-fermées et non typiques de cet étage — les formations herbeuses se répartissent entre plusieurs types phytosociologiquement et floristiquement distincts, tous très différents des savanes à *Themeda cymbaria* de l'étage de moyenne altitude.

— Les formations ligneuses, de hauteur médiocre (forêts : 15/25 m) ou faibles (fruticées : 7/10 m), normalement pluristrates, sont composées d'espèces toutes semperviventes (1), à port généralement tortueux et à frondaisons plus ou moins sclérophylles, micro ou mésophylles. Leur intérêt économique est très limité. Ces formations sont rarement de grande étendue : elles constituent le plus souvent des plages boisées isolées sur les versants ou le long de talwegs bien drainés.

— L'individualité floristique de l'étage montagnard s'affirme principalement chez les ligneux, à deux niveaux taxinomiques (2) : de nombreuses familles importantes à moyenne altitude disparaissent totalement au-dessus de 1 900 m. Mais il s'agit essentiellement d'un appauvrissement, car la flore forestière montagnarde demeure fondamentalement tropicale dans ses affinités (BLASCO, 1970). C'est alors à l'échelon spécifique qu'apparaissent les éléments de différenciation les plus nombreux, sous la forme de fréquentes vicariances intragénériques.

— En première approche, cette spécificité de l'étage montagnard est à relier avec des conditions thermiques moyennes assez bien définies :  $T_A$  (temp. moy. ann.)  $\leq 16^\circ\text{C}$ ;  $t_m$  (temp. moy. mois le plus frais)  $\leq 14^\circ\text{C}$ . En outre les brouillards ascendants qui se forment à moyenne altitude tendent à se dissiper dès qu'ils pénètrent sur les Hautes Terres : le climat y est ainsi plus lumineux et moins humide, à pluviométrie équivalente, que dans la ceinture supérieure de l'étage de moyenne altitude.

(1) Les espèces caducifoliées, très rares, sont limitées aux lisières et aux ouvertures, et ne dépassent guère l'altitude de 2 100 m.

(2) Beaucoup d'herbacées des Hautes Terres ont en réalité une grande amplitude altitudinale. Certaines figurent dans la flore des plaines (du moins au niveau taxinomique de l'espèce).

### 3.2. PRINCIPAUX TYPES DE VÉGÉTATION SUR LES HAUTES TERRES.

Nous nous bornerons à une description extrêmement sommaire des principales formations en n'en retenant que les caractères essentiels d'identification. Pour les situer écologiquement nous utiliserons deux critères bioclimatiques définis par BLASCO (1971) pour ces régions :

- $P_r$  (pluviométrie annuelle la plus fréquente) : fourchette pluviométrique dans laquelle s'inscrit 3 années sur 4, la pluviométrie annuelle observée;
- $S_m$  (saison sèche moyenne) : moyenne des durées réelles de la saison sèche à la station considérée, au cours des années successives (3).

#### 3.2.1. Formations herbeuses denses des zones à pluviométrie modérée.

Ce groupe de formations occupe, entre 1 900 et 2 600 m d'altitude, la plupart des versants soumis à des conditions bioclimatiques modérément humides :  $1\,200\text{ m} \leq P_r < 2\,000\text{ mm}$ ; 1 mois sec  $< s_m < 4$  mois secs. La strate graminéenne principale, toujours plurispécifique est continue (au moins au niveau des feuilles), et de hauteur modeste (savanes) ou faible (prairie altimontaine). Son dessèchement annuel au cours de la période hivernale permet le passage régulier du feu dans tous les types.

La savane à *Chrysopogon zeylanicus* THW et *Arundinella* spp. (*A. fuscata* NEES aux Nilgiri, *A. vaginata* BOR aux Palni, vraisemblablement substituée à d'autres savanes phytosociologiquement analogues (AGRAWAL *et al.*, 1961; WHYTE, 1964), est de loin la plus répandue sur les Hautes Terres. Divers ligneux arbustifs ou buissonnants, irrégulièrement

(3) Outre les données publiées pour les 3 stations principales, les relevés inédits de 328 postes pluviométriques publics ou privés ont été utilisés. La durée de la saison sèche est déterminée pour chaque année selon les critères définis par GAUSSEN (1953) pour la saison sèche de l'année moyenne.

répartis dans le paysage, émergent au-dessus des Graminées. Ils sont tous sempervirents, héliophiles stricts et pyrorésistants.

La prairie altimontaine (1) à *Pollinia phaeotrix* HACK et à *Arundinella fuscata* NEES, très pauvre en ligneux émergents, est typique des crêtes faîtières W des Palni fréquemment léchées par des brouillards, au-dessus de 2 300/2 400 m d'altitude. Un type de savane à structure confuse, assure, au-dessous de 2 300 m, la transition avec la savane à *Chrysopogon zeylanicus*.

### 3.2.2. Savane à xérophytes des Palni centrales.

Localisées aux régions les plus sèches du centre des Palni, dans le bassin de Manavanur (800 mm  $\leq P_T < 1\ 200$  mm, climat lumineux, gel fréquent), cette formation basse, très dense en l'absence de surpâturage, est caractérisée par les adaptations xérophytiques de beaucoup de ses composantes. Sous le couvert graminéen principal à *Heteropogon contortus* (L.) BEAUV. et *Arundinella mesophylla* NEES, se développent diverses herbacées prostrées ou en coussinets, ainsi que des hémixyles (Composées laineuses, Labiées, etc...). Des touffes éparées de grandes Graminées dépassent de l'ensemble.

### 3.2.3. Formations herbeuses trouées des régions à pluviométrie très élevée.

Dans les Nilgiri W très arrosées ( $P_T \gg 2\ 000$  mm, sm : 3-4 mois secs), des formations herbacées complexes et discontinues au sol représenteraient un terme d'équilibre avec les conditions climatiques sévères et contrastées de ces régions inhospitalières et peu perturbées (BLASCO, 1971). Dominées par deux Graminées typiques : *Themeda triandra* Forsk. et *Isachne kunthiana* (W. et A.) MIQ, elles renferment à la fois des hygrophytes et des xérophytes nettes.

(1) Cf. TROCHAIN (1957) pour la définition de ce type physiologique

### 3.2.4. Formations ligneuses des Hautes Terres.

La structure et la composition floristique des taches de forêt varient sensiblement en fonction des conditions stationnelles (talweg ou versant,  $P_T$ , sm). Toutefois, ces formations sempervirentes comportent en général 2 ou 3 strates ligneuses distinctes : des arbres plus ou moins isolés, à troncs droits mais à ramifications très tortueuses, émergent au-dessus d'une strate principale (15-20 m) d'arbres à troncs de faible diamètre, tordus et diversement inclinés. Le sous-bois buissonnant et arbustif traduit par sa composition floristique les conditions stationnelles, et par sa densité l'importance des perturbations subies par le peuplement : les forêts des Nilgiri, nettement plus parcourues que celles des Palni, n'ont le plus souvent qu'un sous-bois très clairsemé. Au sol, une strate herbacée parfois très réduite, représente un autre bon indicateur des conditions stationnelles.

Dans les Nilgiri W, les formations ligneuses sont reléguées aux stations les plus abritées du vent et suffisamment humides en saison sèche. Elles sont réduites à l'état de forêts naines (8-10 m), extrêmement denses (*fruticée altimontaine*).

### 3.3. TRAITS ESSENTIELS DU DYNAMISME DE LA VÉGÉTATION SUR LES HAUTES TERRES.

La disposition apparemment rélictuelle des plages forestières dans les paysages actuels a conduit de nombreux auteurs à admettre comme vraisemblable la substitution progressive des formations herbeuses aux forêts, sous l'influence de perturbations biotiques continues. En outre la sécheresse bioclimatique actuelle de certains bassins placerait dans une situation de déséquilibre les forêts qui s'y trouvent encore en interdisant leur régénération (VISHNU MITTRE, 1968). Cependant l'hypothèse de *savanes climatiques* à ce niveau altitudinal a également été proposée (RANGANATHAN, 1938).

La question n'est pas simple. Néanmoins, les travaux très précis de BLASCO (1971) ont permis de

montrer que « de nos jours, le dynamisme régressif (des ligneux) n'est pas plus répandu que son antagoniste » sur les Hautes Terres, et que le milieu montagnard du Sud de l'Inde permet la reconstitution d'un couvert forestier presque partout, bien que les mécanismes de la progression y soient plus lents qu'à moyenne altitude. La flore ligneuse montagnarde est en effet suffisamment variée pour qu'une gradation continue des exigences en lumière ainsi que des tolérances au feu et aux alternances thermiques et hydriques puisse s'établir parmi les espèces qui la constituent. L'étude attentive des lisières forestières et des comportements des ligneux qui y participent permet de s'en assurer. On peut ainsi caractériser distinctement des *lisières de progression*, de *régression* et des *lisières mixtes*.

Des groupements herbacés (Graminées, Cypéracées), ou mixtes (Graminées et ligneux rupicoles) colonisent les affleurements rocheux. Leur déterminisme précis est lié aux conditions hydriques de surface pendant les *dry spells*.

Des formations basses, écorchées, à *Arundinella* spp., Gentianacées et Rubiacées, piquetées de ligneux buissonnants, succèdent aux savanes sur les sols superficiellement érodés par le passage excessif du bétail. Elles peuvent évoluer très vite vers une fruticée d'embroussaillage.

Les succès obtenus depuis 150 ans dans l'acclimatation sur ces montagnes d'espèces forestières exotiques (Acacias australiens, Eucalyptus, Pins) justifient les plans actuels très extensifs de boisement artificiel, particulièrement dans le domaine des savanes à *Chrysopogon*. En outre, soumises depuis un siècle à une formidable poussée démographique, les Hautes Terres des Nilgiri ont fait l'objet d'importantes mises en culture : thiers sur les marges S, SE et NW, productions horticoles maraichères et céréalières dans les bassins centraux. Des phénomènes analogues d'artificialisation se sont déclenchés plus récemment sur les Palni, particulièrement avec l'introduction de la pomme de terre au cours des dernières années.

Ainsi l'apparente stabilité des paysages végétaux sur les Hautes Terres, à laquelle de nombreux bota-

nistes de ces régions ont fait référence, n'est qu'une expression de l'extrême lenteur des phénomènes dynamiques, tant de progression que de régression. La tendance à la forestation naturelle de l'espace est incontestable. Le climax potentiel serait donc actuellement forestier, et les formations herbeuses ne représenteraient alors qu'un sub-climax, dont la stabilité — essentiellement liée aux caractères propres de la flore montagnarde — serait renforcée par les feux réguliers d'origine anthropique. Il semble toutefois abusif d'attribuer aux seules actions humaines la responsabilité de la savanisation très extensive des Hautes Terres : d'une part l'occupation de ces montagnes par l'homme est apparemment récente, mais surtout l'extraordinaire poussée démographique enregistrée depuis un siècle ne s'est pas accompagnée d'une régression spectaculaire de l'ensemble des lisières forestières. Si l'on suppose que des formations ligneuses ont pu antérieurement recouvrir l'ensemble de ces régions, il faut admettre que leur disparition très large fut liée à un phénomène de fluctuation climatique et d'érosion intense à l'issue duquel la recolonisation végétale fut le fait de formations herbeuses. Nous rejoignons ici les conclusions de notre analyse géomorphologique (p. 156). Mais si l'on adopte cette hypothèse, il apparaît intéressant de rechercher dans les sols actuels des indices de confirmation.

#### 4. — LES CARACTÈRES DE LA PÉDOGENÈSE : PROFILS TYPES ET MODE D'ALTÉRATION INVENTAIRE ÉCOLOGIQUE

Nous nous limiterons dans cette note à une brève introduction du travail d'ensemble que nous poursuivons sur les relations sol-végétation dans ces montagnes tropicales. Nous évoquerons plus particulièrement les caractéristiques fondamentales de la pédogenèse sur les roches les plus représentatives des Hautes Terres (charnockites neutres) : nous tenterons en particulier de dégager de l'étude de *profils-types* les divergences pédologiques essentielles qui

se manifestent entre les écosystèmes herbeux sub-climaciques et les écosystèmes forestiers climaciques. Puis nous présenterons sous forme d'un tableau synoptique l'inventaire écologique des principales stations-types, qui sur les flancs de nos montagnes peuvent constituer les termes de la séquence altitudinale.

#### 4.1. PROFILS TYPES : MORPHOLOGIE ET CARACTÉRISATION PÉDOLOGIQUE.

Nous avons retenu comme types deux profils pédologiques observés sur les Hautes Terres des Palni, sous des formations végétales de caractère modal :

— U.P. Shola R.F. 01 : sous savane dense à *Chrysopogon zeylanicus* et *Arundinella vaginata*, à 2 350 m d'altitude, sur les collines dominant la grande falaise S;

— Gundar SH. 01 : dans une forêt peu perturbée des Hautes Terres à 2 100 m d'altitude, à moins de 3 km du profil précédent, dans des conditions mésoclimatiques actuelles comparables :  $T_A < 16^\circ \text{C}$ ,  $P_A$  de l'ordre de 1 500 mm.

Plusieurs traits essentiels de la pédogenèse montagnarde se dégagent de la comparaison de ces deux profils-types.

##### Morphologie.

On notera en particulier l'important développement des horizons humifères  $A_1$  à matière organique de couleur très foncée ou noire intimement associée au complexe minéral, tant sous forêt que sous savane. La zone d'imprégnation humique atteint aisément 80 cm d'épaisseur.

La distinction  $A_{11}/A_{12}$  est généralement beaucoup plus franche sous savane : à partir d'une certaine profondeur (20 à 40 cm normalement), la proportion d'éléments grossiers (fragments très altérés de la roche) croît brutalement pour dépasser 60 à 70 % du poids de terre sèche : sous savane l'horizon  $A_{12}$  est ainsi un véritable « horizon graveleux » ou « gravelon » (CHATELIN, 1972).

Les horizons humifères sont séparés des horizons exclusivement minéraux par un liseré peu épais (10 — 15 cm) à limites ondulées, faiblement imprégné d'humus, assez souvent difficilement discernable,  $A_3$ . BECKMAN (1969) a cru y distinguer des caractères « d'horizon blanchi » (« pseudovergleyung »).

La forte proportion de « fantômes » de roche mère et la persistance par « héritage » de ses principaux arrangements structuraux, constituent une caractéristique macromorphologique essentielle des horizons (B), qu'il convient alors de considérer comme une « zone de départ isovolumétrique » ou « isaltérite » au sens de CHATELIN (1972), plutôt que comme un (B) oxisque conforme à ceux habituellement décrits en zone tropicale humide.

##### Complexe absorbant.

Ce critère permet de différencier assez nettement les sols sous savane des sols sous forêt :

— en profondeur (horizons (B)) : désaturation modérée sous forêt, parfois plus accentuée sous savane; les capacités totales d'échange sont toutefois du même ordre.

— en surface, les cycles biologiques paraissent assurer le maintien de taux de saturation très élevés ou élevés sous forêt, alors qu'ils sont toujours faibles ou très faibles sous savane. C'est une divergence essentielle, liée à la végétation en place.

##### Matière organique.

La teneur en matière organique des horizons  $A_1$  est généralement plus élevée sous savane que sous forêt, à profondeur égale. Cependant les caractéristiques générales de l'humification varient peu d'un type d'écosystème à l'autre, malgré des rapports C/N sensiblement plus forts sous savane.

Une étude plus précise sur les humus de quelques sols-types fait apparaître un degré très élevé d'humification dépassant 85 % ou même 90 % dans toute l'épaisseur des profils. Les produits alcalino-solubles (pH 12) sont abondants mais une part importante d'entre eux paraît liée aux sesquioxides (principale-

ment  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). En fait l'humine inextractible ne représente que 10 % au plus du C humifié.

Cette humification originale qui peut conduire à de très importantes accumulations (700 à 1 000 t de M.O. par ha), paraît fondamentalement liée aux conditions mésoclimatiques montagnardes qui se traduisent dans le sol par une température peu élevée mais constante et par des alternances d'humectation/dessiccation très minimes sous forêt et modérées sous savane. La roche mère joue, en outre, un rôle favorable à l'insolubilisation grâce aux produits de son hydrolyse, très riches en sesquioxides. La végétation n'intervient que secondairement pour différencier un mull forestier mésotrophe à eutrophe sous litière à décomposition différée dans les premiers stades en forêt, et un « pseudo-mull en zone savanisée. Ceci permet de comprendre que des accumulations importantes de matière organique noire commencent à se manifester dès la moyenne altitude (1 200-1 300 m), en particulier sous forêt.

#### Complexe d'altération.

Il s'agit de l'ensemble des produits secondaires issus de l'altération :

— La fraction solubilisable des produits amorphes ou oxydes cryptocristallins (ferriques et alumineux essentiellement) est très importante : elle représente 10 à 20 % de la masse totale.

— La fraction cristallisée  $< 2 \mu$ , dite « argile » peut varier beaucoup (de 2 à 30 %). On note généralement un appauvrissement en argile au niveau du grévillon. Les rapports  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , très généralement inférieurs à 2, sont particulièrement faibles en profondeur dans les profils sous savane, ( $< 0,5$ ), ce qui dénote le caractère hyperalumineux (gibbsitique) de ces horizons.

— Sables et limons qui peuvent comporter des teneurs importantes en gibbsite (savane), gibbsite et kaolinite (forêt), représentent la fraction grossière du complexe d'altération; elle peut être comparable en poids, voire même très supérieure, aux deux autres fractions « amorphes » et « argiles ». On rejoint là les conclusions de LELONG (1967) qui soulignait l'importance de l'étude complète des altérites, pour déterminer le type pédogénétique.

#### 4.2. CARACTÉRISATION GÉOCHIMIQUE ET MINÉRALOGIQUE DE L'ALTÉRATION MONTAGNARDE.

Une étude géochimique et minéralogique d'ensemble conduite sur un certain nombre de profils types nous permet de caractériser le mode d'altération, à l'étagé montagnard. Les tableaux 2 et 3 ci-dessous résument les résultats essentiels obtenus sur les deux profils retenus pour cette présentation sommaire.

TABLEAU II  
Bilans géochimiques et minéralogiques sommaires

| profils        | SAVANE : U.P. SHOLA R.F.O. |                         |                |                         |                         | FORÊT : GUND SH OI |                         |                |                         |                         |
|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| hor            | %                          |                         |                |                         |                         | %                  |                         |                |                         |                         |
|                | quartz                     | $\text{Fe}_2\text{F}_3$ | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | quartz             | $\text{Fe}_2\text{F}_3$ | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ |
| A <sub>1</sub> | 215                        | 5,5                     | 28             | 102                     | 80                      | 28                 | 1,6                     | 27             | 61                      | 43                      |
| A <sub>2</sub> | 31                         | 4,5                     | 15             | 103                     | 104                     |                    |                         |                |                         |                         |
| B <sub>1</sub> | 15,5                       | 2                       | 21             | 296                     | 90                      | 30                 | 14                      | 26             | 69                      | 49                      |
| R.M.           | 15                         | 85                      | 100            | 100                     | 100                     | 16                 | 84                      | 100            | 100                     | 100                     |

F =  $\Sigma$  Fe despathite

F<sub>2</sub> =  $\Sigma$  Ferro - magnésites

TABLEAU III  
Nature de la fraction  $< 2 \mu$

| hor            | SAVANE : U.P. SHOLA R.F.O.           |             |           | FORÊT : GUND SH OI                   |             |             |
|----------------|--------------------------------------|-------------|-----------|--------------------------------------|-------------|-------------|
|                | $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ | minéralogie |           | $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ | minéralogie |             |
| A <sub>1</sub> | 19                                   | 2,2         | G (1)     | 19,2                                 | 2           | K a (1) (1) |
| A <sub>2</sub> | 12,7                                 | 4,4         | G (1) (1) |                                      |             |             |
| B <sub>1</sub> | 7                                    | 0,8         | G K (1)   | 28                                   | 1,8         | K a (1) (1) |

rem. Limons et sables riches en gibbsite

gibbsite et kaolinite  
K a : kaolinite  
G : gibbsite  
Q : quartz  
I : argiles  
2/3 : stratifiés  
dite - vermiculite - chlorite  
autres minéraux argileux riches dans l'horizon  
dérivant de leurs proportions relatives  
dans chaque échantillon

##### 4.1.1. Bilan géochimique et minéralogique.

Par la méthode des bilans, on reconstitue la composition minéralogique quantitative des échantillons à chaque niveau, en combinant les résultats de l'analyse chimique totale avec des analyses de fractions séparées, au moyen de calculs de normes (LELONG, 1967; SOUCHIER et LELONG, 1970); la comparaison avec la composition moyenne de la roche-mère permet alors d'établir le bilan minéralogique et chimique de l'évolution. Une méthode simple et appropriée consiste à raisonner à quartz constant.

#### 4.1.2. *Interprétations.*

Bien que très sommaires, ces données font nettement ressortir divers caractères essentiels de la pédogénèse montagnarde.

— Des pertes de matière très importantes se manifestent dès les niveaux inférieurs des profils (notamment en  $\text{SiO}_2$ ). Des analyses portant sur d'autres profils-types ont permis de montrer que la désilication est en fait considérable à proximité immédiate des roches saines. C'est un indice d'une altération très rapide, favorisée sur les Hautes Terres à la fois par les conditions mésoclimatiques et topographiques propices à une percolation et à un drainage continus, et par les caractères géochimiques neutres ou faiblement basiques des roches charnockitiques les plus répandues sur ces montagnes.

— La persistance de minéraux primaires (autres que le quartz) dans les horizons supérieurs indique en outre une certaine « jeunesse » des sols d'altitude.

— Le complexe d'altération est hyperlumineux : outre la gibbsite cristallisée qui figure en proportions notables à la fois dans la fraction fine ( $< 2 \mu$ ) et dans la fraction moyenne ( $> 2 \mu$ ) — particulièrement dans les horizons (B) — il renferme en effet, en quantités assez importantes, de l'alumine libre amorphe ou cryptocristalline (solubilisable par le réactif oxalique).

— Cependant une nouvelle divergence apparaît assez nettement entre les sols de forêt et les sols de savane, au niveau des minéraux phylliteux :

- sous savane, la fraction  $< 2 \mu$  est riche en minéraux micacés en surface (édifices irréguliers sous forme de feuillets interstratifiés d'illite, de vermiculite et de chlorite) mais elle est essentiellement gibbsitique en profondeur dans les horizons (B).

- sous forêt la fraction fine est généralement de moindre importance; les minéraux micacés y sont moins abondants et la kaolinite tend à devenir dominante (1).

L'ensemble de ces caractères conduit à définir,

sur les roches cristallines neutres ou faiblement basiques des Hautes Terres, une altération en Ferrallites, caractérisée par la nette prédominance des sesquioxides sur la kaolinite de néoformation dans le complexe d'altération. A ce schéma général se superposent des modes d'évolution pédogénétique apparemment liés aux grands types de formations végétales :

- Sous savane, ils se manifestent essentiellement par la présence de minéraux micacés (probablement hérités) dans les horizons humifères (pédogénèse de caractère organique acide), et par le renforcement du caractère gibbsitique des horizons profonds;

- Sous forêt les résidus micacés sont en proportions nettement moindres, et leur cristallinité est moins bien conservée; simultanément, la kaolinisation semble plus poussée. Les facteurs déterminant l'évolution divergente des deux milieux ne sont pas encore clairement connus. On peut invoquer a priori, d'une part le rôle moteur de la végétation et du pédoclimat forestier favorisant la genèse de la kaolinite, d'autre part l'influence des variations pétrographiques, suffisantes dans le contexte de roches basiques pour orienter la pédogénèse. Dans cette dernière hypothèse, la distribution géographique des massifs forestiers pourrait être en rapport avec certaines hétérogénéités lithologiques représentées au niveau du sol par le mode d'altération.

#### 4.3. INVENTAIRE ÉCOLOGIQUE GÉNÉRAL DES SOLS DE MONTAGNE DANS LE SUD DE L'INDE.

Des études en cours permettront de préciser dans ce domaine des Hautes Terres les parts relatives du climat, du relief, de la roche mère et de la végétation dans l'orientation de la pédogénèse montagnarde et dans le déterminisme des sols qui en résultent. Par comparaison avec des observations réalisées à basse et moyenne altitudes, on peut d'ores et déjà caractériser la séquence altitudinale par les variations des principales caractéristiques pédologiques que sont le pH et le taux de saturation dans les horizons (B), la teneur en matière organique, la teneur en sesquioxides libres ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  principalement)

(1) Analyses diffractométrique et chimique réalisées après dissolution des produits amorphes et des oxydes mal cristallisés (traitement oxalate + dithionite).

et le rapport  $K_1$  des fractions fines. Dans les secteurs climatiques où la pluviométrie annuelle est inférieure

à 2 000 mm, on peut représenter ces variations sous forme d'un schéma simple :

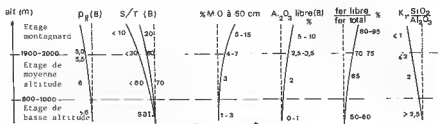
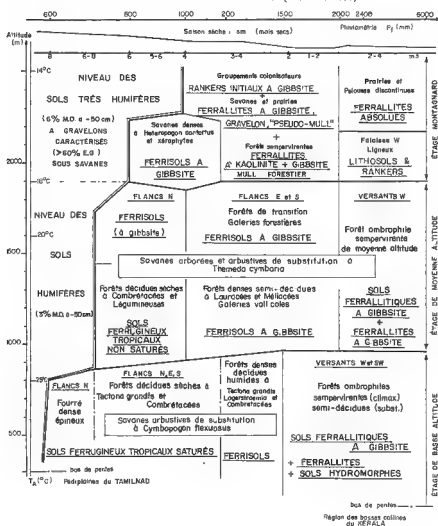


TABLEAU IV

Répartition écologique des sols dans les montagnes du sud de l'Inde sur roches cristallines mélanocrates (charnockites)



Dès lors, il devient possible de présenter sous forme d'un tableau synoptique ordonné la répartition écologique des principaux sols dans les séquences altitudinales des montagnes du S. de l'Inde (Tableau 4).

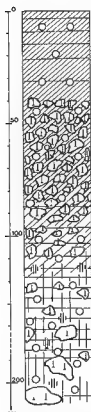
## 5. — CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La pédogenèse montagnarde des reliefs étudiés dans cette note présente donc des traits intéressants de différenciation stationnelle et une indéniable originalité, au moins régionale.

### U.P. SHOLA R.F. Q1: SOLS SOUS SAVANE DENSE

Survey of India : 1" to 1 mile : 58 F/8 E 77°21'46" N 10°11'0" Alt. 2750 m  
Terrain (denivelé) : Upper Palni Shola Reserved Forest. Route Kodaikannur Km 13  
Topographie : versant convexe, pente forte 30%, dominant la falaise S du massif.  
Sécheresse : Charnackite neutre des P.A.N.I. centrales  
Climat : P.A. de l'ordre de 1500mm ; sm : 1 - 2 mois secs ; t° moyenne : 16°C  
Végétation : Savane dense à *Chrysocarpus* s. et *Arundinella* v. piquetée de *Phlebophyllum kunthianum* modérément denses.

### DESCRIPTION



Horizon très humifère, noir (7,5 YR 2/1) frais, brun foncé (10 YR 2/3) sec. Texture de limon argilo-sableux, pauvre en éléments grossiers : graviers rares. Structure granuleuse fine bien développée, agrégats friables (frais), peu durs (secs). Fauchage très dense de racines herbacées dans les 10 - 12 premiers cm passant à lacia plus lâche au-dessous. Vers abondants. Limite régulière, transition nette.

Horizon encore très humifère, noir (5 YR 2/1) frais, passant progressivement à brun rouge foncé (5 YR 2/3) frais, vers le bas. Très abondamment gravilleux caillouteux. Éléments grossiers ponctuellement en contact, de forme et dimensions irrégulières. Terre fine interstitielle, lâche : limon sableux à structure grumeleuse fine à très fine assez bien développée. Racines isolées, fines, tortueuses, généralement verticales. Vers notés. Limite faiblement ondulée, distincte, avec A<sub>3</sub>.

Transition avec (B) - Encore faiblement imbriqué de M.O., brun à brun foncé (7,5 YR 4/6) frais. Nombreux éléments grossiers, emballés dans un limon sableux à argilo-sableux - Structure massive - friable - poreux très peu de racines. Quelques taches rouille à ocre-rouge vers la base, infra-centimétriques - Limite ondulée nette avec (B).

Horizon minéral hétérogène, de couleur dominante ocre rouge (5 YR 5/6) frais, à nombreuses proches et taches irrégulières de couleur plus claire (ocre-rouge pâle, ocre brun, brun pâle). Nombreux fantômes de R.M., quelques sphérolites exfoliants, très altérés dans la masse, peu durs. Texture assez chargée en éléments grossiers 20 % (fragments très altérés de R.M. rubifiés ou blanchis dans la masse). Présence de veines de quartz non brisées. Terre fine variable, généralement limon argilo-sableux. Structure massive friable. Bonne porosité.

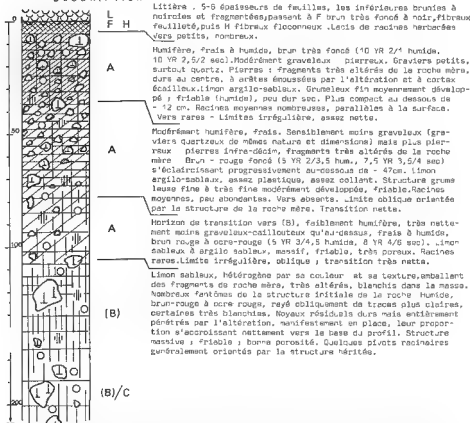
| prof. cm | hor             | >2mm<br>%<br>Mol | Granulo. terre fine - 105°C (%) |      |     |      |      |      |      |     |      |      | C   | C/N  | PH | T<br>m8<br>P200 | S/T<br>s.100 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Org C  | Org N |
|----------|-----------------|------------------|---------------------------------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|-----|------|----|-----------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|-------|
|          |                 |                  | 5G                              | S    | F   | I    | G    | L    | S    | A   | M    | O    | %   |      | cm | mg              | g/100g       | g/100g                         | g/100g                         | g/100g |       |
| 18-25    | A <sub>11</sub> | 0,6              | 25,7                            | 4,3  | 1,6 | 16,3 | 31,9 | 17,9 | 10,3 | 21  | 5,20 | 14,5 | 4   |      |    |                 | 9,1          | 16                             | 15,7                           | 1,67   |       |
| 30-37    | A <sub>11</sub> | 6,3              | 20,3                            | 14,8 | 2,6 | 20,3 | 17,6 | 15,6 | 9,0  | 17  | 5,23 | 27,1 | 3,5 | 6,8  | 77 | 6,0             |              |                                |                                | 1,29   |       |
| 46-59    | A <sub>12</sub> | 71,7             | 61,3                            | 3,1  | 2,1 | 14,9 | 10,8 | 6,0  | 3,9  | 13  | 5,40 | 21,2 | 0,9 | 10,0 | 72 | 5,6             |              |                                |                                | 1,15   |       |
| 67-95    | A <sub>12</sub> | 56,1             | 42,1                            | 17,8 | 3,7 | 8,4  | 24,5 | 2,6  | 1,5  | 11  | 5,70 | 13,2 | 0,6 | 77   | 77 | 5,7             |              |                                |                                | 1,25   |       |
| 102-113  | A <sub>3</sub>  | 35,0             | 56,7                            | 8,3  | 4,1 | 10,7 | 19,4 | 1,0  | 0,1  | 6,5 | 9,50 | 7,1  | 1   |      |    | 8,0             | 82           | 4,5                            |                                | 1,05   |       |
| 128-142  | (B)             | 19,4             | 35,1                            | 11,2 | 3,0 | 10,2 | 36,2 |      |      |     | 5,70 | 4,1  | 1   |      |    | 8,0             | 85           | 5,0                            |                                | 0,90   |       |
| 170-179  | (B)             | 24,1             | 31,0                            | 8,4  | 5,4 | 12,8 | 39,0 |      |      |     | 5,60 | 4,7  | 3   |      |    | 3,7             | 88           | 6,4                            |                                | 1,08   |       |
| 195-205  | (B)/C           | 17,8             | 42,6                            | 24,4 | 5,5 | 11,1 | 16,2 |      |      |     | 5,80 | 2,8  | 1   |      |    | 2,0             | 90           | 4,8                            |                                | 0,75   |       |

## GUND, SH, O1 : SOL SOUS FORÊT NATIVE DE L'ÉTAGE MONTAGNARD

Survey of India : 1" to 1 mile : 58 F/B ; E 77°29'54", N 10°42'48" Alt : 2'000 m  
Forêt domaniale : Upper Palni Shola Reserved Forest ; lieu-cit : Gundar Shola  
Topographie : Versant à profil concave, irrégulier ; pente forte à très forte  
(30-50 %), orête à 2200 m. Exposition N.

Climat : P. de l'ordre de 1400mm, am : 3-4 mois secs ; t. moyenne : 15°C sous forêt.  
Végétation : Forêt sempervirente de l'étage montagnard, très peu perturbée, représentative des forêts natives du massif dans les secteurs centraux des hautes terres.

## DESCRIPTION



| prof. cm | hor             | >2mm<br>/1.4% | granulo,<br>SG | terre fine,<br>SF | 105°C<br>LG | 105°C<br>LF | 105°C<br>A | 105°C<br>MO | C   | C/N | PH<br>7.4 | T<br>mg<br>1/25g | S/T<br>ppm | Fe<br>ppm | O <sub>2</sub><br>% | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>% | org<br>% | mu |
|----------|-----------------|---------------|----------------|-------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----|-----|-----------|------------------|------------|-----------|---------------------|-------------------------------------|----------|----|
| 5-12     | A <sub>11</sub> | 36,8          | 34,8           | 9,8               | 2,0         | 13,0        | 28,8       | 12,8        | 7,4 | 16  | 8,3       | 33,4             | 9,0        | 4,9       | 81                  | 1,80                                |          |    |
| 20-30    | A <sub>11</sub> | 36,8          | 59,9           | 6,8               | 1,3         | 7,0         | 22,3       | 4,3         | 2,8 | 26  | 8,2       | 15,3             | 6,7        | 5,9       | 59                  | 1,62                                |          |    |
| 37-48    | A <sub>12</sub> | 29,2          | 43,2           | 8,1               | 2,5         | 13,3        | 28,7       | 3,3         | 1,5 | 11  | 6,2       | 12,8             | 8,1        | 8,0       | 63                  | 2,20                                |          |    |
| 55-65    | A <sub>12</sub> | 30,3          | 44,7           | 9,8               | 3,1         | 9,8         | 31,4       | 1,7         | 1,0 | 20  | 6,3       | 11,2             | 5,2        | 8,1       | 60                  | 2,4                                 | 1,84     |    |
| 85-95    | A <sub>3</sub>  | 18,8          | 30,8           | 24,2              | 11,6        | 17,8        | 21,8       | 0,9         | 0,5 |     | 5,9       | 9,3              | 50         | 10,0      | 51                  | 3,2                                 | 1,48     |    |
| 115-130  | (B)             | 14,9          | 25,7           | 28,7              | 12,7        | 20,1        | 21,8       |             |     |     | 4,9       | 9,7              | 24         | 11,7      | 86                  | 3,3                                 | 1,64     |    |
| 180-205  | (B)/C           | 21,7          | 41,4           | 23,8              | 10,5        | 11,7        | 13,2       |             |     |     | 4,8       | 6,6              | 30         | 7,4       | 87                  | 1,9                                 | 1,44     |    |

L'étude écologique d'ensemble fait ressortir l'influence des facteurs stationnels primordiaux de différenciation pédogénétique qui sont, avec le *méso-climat tropical montagnard*, et notamment ses caractéristiques thermiques, la roche mère et la végétation.

Les mécanismes d'action des facteurs stationnels restent encore à préciser. Les quelques éléments suivants peuvent néanmoins être admis :

— Les roches neutres, à altération assez rapide dans la zone climatique étudiée contribuent à main-

tenir un taux élevé de matière organique, dont le mode d'humification est indéniablement lié aux complexes spécifiques organo-minéraux, notamment aluminieux.

— *Le rôle de la formation végétale* est plus difficile à discerner, bien qu'une différenciation morphologique et minéralogique s'exprime très nettement entre les sols de forêt et les sols de savane.

• Les sols de forêt constitueraient un milieu d'altération moins soustractif pour la silice et plus favorable à la néoformation de kaolinite.

• Les sols de savane, au contraire, seraient caractérisés, en profondeur, par un complexe d'altération essentiellement aluminieux et gibbsitique, tandis que dans les horizons supérieurs une altération organique acidifiante et désaluminisante (complexes aluminieux mobiles), favoriserait plutôt l'héritage et la conservation de minéraux micacés, qui dominent en effet au-dessus de l'horizon graveleux typique des savanes.

On ne peut encore proposer d'explication définitive à cette divergence pourtant essentielle, qui pourrait être en effet attribuée soit au seul rôle de la formation végétale (par le pédoclimat induit, différent sous forêt et sous savane), soit plutôt à une interaction plus complexe entre les deux facteurs stationnels, roche mère et végétation.

— Quoi qu'il en soit, cette pédogenèse montagnarde présente des caractères d'évolution ultime (ferrallite gibbsitique) et des caractères de jeunesse attestés par la profondeur le plus souvent limitée du front d'altération et par la présence de minéraux primaires résiduels autres que le quartz.

La répartition des sols en liaison apparente avec le type de végétation et l'hypothèse d'un cycle d'altération et de sols récents, ne sont pas contradictoires. D'une part, il est assez improbable que les formations végétales savane-forêt, dans ce type de paysage, aient pu subsister dans une distribution immuable depuis des temps très reculés. D'autre part, les observations géomorphologiques et pédologiques semblent conforter l'hypothèse d'un épisode rhéxistatique relativement violent, à une époque peu ancienne, et suffisamment bref pour n'avoir pas effacé les formes et le modèle d'ensemble hérités des morphogenèses anciennes.

Dans les paysages actuels, soumis à une érosion spécifique réduite, les profils d'altération, encore peu profonds malgré une hydrolyse rapide, seraient pour la plupart « en équilibre » avec les formations végétales actuelles. Il existe des exceptions qui, loin d'infirmes cette conception, montreraient au contraire que d'éventuels changements récents de couvert végétal n'effacent pas les traits essentiels hérités de la formation « climacique » initiale : savane ou forêt.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYMES, 1972. — Soils of the humid tropics. *Nat. ac. Sc.* Washington DC. 219 p.
- ANONYMES, 1973. — Soil taxonomy. Prelim. abridged text. *U.S.D.A. interim publ.*
- AGRAWAL (S.C.) *et al.*, 1961. — Ecological studies on the Nilgiris *Ind. For.*, **87** (6) 376-389.
- AROGYASWAMY (R.N.P.), 1958. — A note on the examination of the excavations for the Kundah palam Emerald & Avalanche dams. Kundah electric scheme. Nilgiri dist. Madras. *unpubl. rep. Geol. Surv. India*, 1958 (inédit).
- AROGYASWAMY (R.N.P.), 1963. — The origin of the Palghat Gap. *Rec. Geol. Surv. India*, **93** (2), 129-134.
- AUBERT (G.), 1965. — Classification des sols. Tableau des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de Pédologie de l'ORSTOM. *ORSTOM. Pédologie*, **III** (3), 269-288.
- AUBERT (G.) et SEGALIN (P.), 1966. — Projet de classification des sols ferrallitiques. *ORSTOM. Pédologie*, **IV** (4), 97-112.
- AUBREVILLE (A.), 1962. — Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. *Adansonia*, **II** (1), 16-84.
- BAGNOULS (F.) et GAUSSEN (H.), 1957. — Les climats biologiques et leur classification. *Ann. de Géographie*, **335**, 193-220.
- BAGNOULS (F.) et MEHER-HOMJI (V.M.), 1959. — Types bioclimatiques du Sud-Est asiatique. *Inst. fr. Pondichéry. Tr. sec. sci. tech.*, **I** (4), 152-251.
- BECKMAN (W.), 1969. — Soil formation in southern Indian mountains. *III rd. Int. Work. Meet. of Soil Micromorphology*, Wrocław (Polyc.).
- BECKMAN (W.), 1971. — Die Mikromorphologie des Bodens bei physisch-geographischen Untersuchungen in Südindien. *Hamburger Geogr. St.*, **24**, 235-242.

- BEDDOME (R.H.), 1876. — The forest of the Nilgiris. *Ind. for.*, 3, 17-28.
- BLANFORD (H.F.), 1858. — The geological structure of the Neelgherry Hills. *Mem. Geol. Surv. India*, I, 211-248.
- BLASCO (F.), 1970. — L'étage montagnard tropical dans le Sud de l'Inde. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 270, 496-497.
- BLASCO (F.), 1971. — Montagnes du Sud de l'Inde. Forêts, savanes, écologie. *Inst. fr. Pondichéry. Tr. sec. sci. tech.*, X, 436 p.
- BOULAIN (J.), 1971. — Cours de pédologie générale I.N.A. Paris-Grignon, offset, 277 p.
- BOURGEAT (F.), 1972. — Sols sur socle ancien à Madagascar. *Mém. ORSTOM*, n° 57, 335 p.
- CHATELIN (Y.), 1967. — Influence des conceptions géomorphologiques et paléoclimatiques sur l'interprétation de la genèse et la classification des sols ferrallitiques d'Afrique Centrale et Australe. *ORSTOM. Pédologie*, V (3), 243-255.
- CHATELIN (Y.), 1972. — Eléments d'épistémologie pédologique. Application à l'étude des sols ferrallitiques. *ORSTOM. Pédologie*, X (1), 3-23.
- CHATELIN (Y.) et MARTIN (D.), 1972. — Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. *ORSTOM. Pédologie*, X (1), 25-43.
- COLLINET (J.), 1969. — Contribution à l'étude des « Stone lines » dans la région du Moyen Ogooué (Gabon). *ORSTOM. Pédologie*, VII (1), 3-42.
- DAMODARAN (A.), 1954. — A note on the traverses in Malanad areas of parts of Malabar & Nilgiri dists, Madras State. *Progr. report. Geol. Surv. India* (inédit).
- DE BENZA (P.M.), 1835. — Geological sketch of the Nilgiris. *Jour. Asia. Soc. Bengal*, IV, 413-437.
- DEMANGEOT (J.), 1974. — Une montagne tropicale : les Nilghiri (Inde du Sud). *Finisterra* VIII (16), 292-309.
- DUCHAUFOR (Ph.) 1968. — L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils 91 p. Masson, Paris.
- DUCHAUFOR (Ph.), 1970. — Précis de Pédologie (3<sup>e</sup> édition) 481 p. Masson, Paris.
- DUCHAUFOR (Ph.), 1970. — Processus de formation des sols. 184 p. CRDP-Nancy.
- DUDAL (R.), 1968. — Approach to Soil Classification. *F.A.O. Rome* 143 p.
- ERNHART (H.), 1967. — La genèse des sols en tant que phénomène géologique (2<sup>e</sup> éd.) 175 p. Masson, Paris.
- FERMOR (L.L.), 1909. — The manganese ore deposits of India. *Mem. Geol. Surv. India*, 37, 1039-1040.
- GAUSSEN (H.) *et al.*, 1961. — Carte internationale du Tapis végétal. Feuille Cap Comorin. Notice explicative. 108 p. *Inst. fr. Pondichéry. Tr. sec. sci. tech. Hors série n° 1*.
- HOLLAND (T.H.), 1900. — The charnockite series. *Mem. Geol. Surv. India*, 28, 2, 115-249.
- HOWIE (R.A.), 1964. — Charnockites. *Science & Progress*, 42, 628-644.
- HOWIE (R.A.), 1965. — The geochemistry and mineralogy of some charnockites from Baffin Island Brazil, British Guinea, Congo, Madras und Uganda. *The Indian mineralogist*. VI (1 & 2), 67-77.
- HOWIE (R.A.) et SUBRAMANIAM (A.P.), 1957. — The paragenesis of garnet in charnockite enderbite and related granulites *Min. Mag.*, 31, 365-586.
- JACOB (K.) et NARAYANASWAMY (S.), 1954. — The structural and drainage patterns of the Western Ghats in the vicinity of Palghat Gap. *Proc. Nat. Inst. Sc. India*, 20 (1), 104-118.
- KRISHMAN (M.S.), 1968. — Geology of India and Burma (5th ed.) 536 p. Higgimbothams, Madras
- LEGRIS (P.), 1963. — La végétation de l'Inde. Ecologie et Flore. *Inst. fr. Pondichéry. Tr. sec. Sci. tech.*, VI, 590 p.
- LEGRIS (P.) et BLASCO (F.), 1969. — Variabilité des facteurs du climat. Cas des montagnes du Sud de l'Inde et de Ceylan. *Inst. Fr. Pondichéry. Tr. sec. Sci. tech.*, VIII (1), 95 p.
- LEGRIS (P.) et VIART (M.), 1961. — Climates of South India and Ceylan *Inst. Fr. Pondichéry. Tr. sec. sci. tech.*, III (2).
- LÉLON (F.), 1967. — Nature et genèse des produits d'altération de roches cristallines sous climat tropical humide (Guyane Française) *Sciences de la Terre. Mem.* n° 14, 188 p. Nancy.
- MEHER-HOMJI (V.M.), 1963 et 1964. — Les bioclimats du sub-continent indien et leurs types analogues dans le monde. *Inst. Fr. Pondichéry. Tr. sec. sci. tech.*, VII (1 et 2), 386 p.
- MEHER-HOMJI (V.M.), 1965. — Ecological studies of the montane grasslands of South India Hills. A phytogeographic reassessment *Ind. For.*, 91 (4), 210-215.
- MEHER-HOMJI (V.M.), 1967. — Phytogeography of South Indian Hill stations. *Bull. Torrey. Bot. Club*, 94, 230-242.
- MEHER-HOMJI (V.M.), 1971. — Bioclimatic variability with special reference to India. *Tropical Ecology*, 12 (2), 155-176.
- MOHR (E.J.C.), VAN BAREN (F.A.) et VAN SCHUYLENBORG (J.), 1972. — Tropical Soils. Mouton-Ichtiar Baru. Van Hoeve.

- MOORMAN (F.R.) et PANABOKKE (C.R.), 1961. — The soils of Ceylan. *Trop. Agriculturist*, **117**, 5-70.
- MURTHY (R.S.) et al., 1965, 1966, 1967, 1968, 1969. — Soil survey reports n°s 53, 71, 251, 287, 301 Nilgiri district. *All India Soil and Land Use Surv. IARI* New Delhi. (inédit).
- MURTHY (G.S.), 1968. — Geology of parts of Periyakulam & Kodaikanal taluk of Madurai district *Progr. rep. Geol. Surv. India* (inédit).
- PARDHASARADHI (Y.J.) et RAMANA RAO (K.L.V.), 1968. — Comparison of drainage characteristics of two regions in India. *Bull. Geol. Sc.*, **5** (4), 117-119.
- PARDHASARADHI (Y.J.) et RAMANA RAO (K.L.V.), 1970. — Morphology of Hill streams. *Curr. Science*, **39** (1), 10-11.
- PASCOE (E.H.), 1965. — Manual of Geology of India and Burma (3rd ed.) Vol. I.
- PEDELABORDE (P.), 1958. — Les moussons. 208 p. A. Colin n° 325 Paris.
- PICHAMUTHU (O.S.), 1953. — The charnockite problem. *Bull. Mysore Geol. Assoc.* 178 p.
- RAJASEKARAN (K.C.), 1962. — Metamorphic complex of Mettupalaiyam, Coimbatore dist. *Thèse Univ. Madras* (inédit).
- RAMANA RAO (K.L.V.) et VAIDYANADHAN (R.), 1970. — Relation between fracture traces and drainage lines. *Curr. Science*, **39** (12), 282-283.
- RANGANATHAN (C.R.), 1938. — Study of the ecology of the shola grassland vegetation in the Nilgiri Plateau *Ind. For.*, **64**, 523-541.
- RANGANATHAN (K.), 1967. — Geology of parts of Nilgiri district. *Progr. rep. Geol. Surv. India* (inédit).
- RAYCHAYDHURY (S.P.) et coll., 1963. — Soils of India *I.C.A.R.* New Delhi. 496 p.
- RIQUIER (J.), 1969. — Contribution à l'étude des « stone-lines » en régions tropicale et équatoriale, *ORSTOM. Pédologie*, **VII** (1), 71-110.
- SEGALEN (P.), 1969. — Le remaniement des sols et la mise en place de la « stone-line » en Afrique *ORSTOM. Pédologie*, **VII** (1), 113-127.
- SOUCHIER (B.) et LELONG (F.), 1970. — Détermination quantitative par voie chimique des constituants minéralogiques des sols tempérés. *Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, **23** (3-4), p. 95-112.
- SUBRAMANIAM (A.P.), 1959. — Charnockites of the Type area. A reinterpretation. *Am. Jour. Sci.*, **257**, 321-353.
- TRICART (J.) et CAILLEUX (A.), 1965. — Traité de Géomorphologie. T.V. le modelé des régions chaudes. Forêts et savanes. 321 p. SEDES Paris.
- TROCHAIN (J.L.), 1957. — Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale. *Bull. I.E.C. Nlle série. Brazzaville*, **13**, **14**, 55-93.
- TROY (J.P.), 1968. — Le facteur sol dans l'étude de la végétation. *Comm. Cong. Internat. Géographie*. New Delhi.
- VAIDYANADHAN (R.), 1967. — An outline of the geomorphic history of India south of N Latitude 18° *Proc. Sem. Geomorpho. Stud. in India*. 1965. Univ. Saugor. India.
- VAIDYANADHAN (R.) et al., 1971. — Lineaments and their importance in landform studies. *Jour. Geol. Soc. India*, **12** (3), 299-302.
- VINAYAK (V.), 1960. — Geology of the Northern slopes of Palni hills. *Thèse Univ. Madras*.
- VISHNU-MITRE et GUPTA (H.P.), 1968. — A living fossil plant community in South Indian Hills. *Curr. Science*, **37** (23), 671-672.
- WADIA (D.N.), 1943. — The three superposed peneplains of Ceylan. Their physiography and geological structure. *Rec. Dept. Min. prof. paper* n° 1, 25-32.
- WADIA (D.N.), 1953. — Geology of India (3rd ed.) 531 p. London.
- WHYTE (R.O.), 1964. — The grassland and fodder resources of India. *I.C.A.R.* New Delhi 553 p.

## RÉGIMES ALIMENTAIRES ET NUTRITION DU ZOOPLANKTON, LE CAS DU COPÉPODE *CYCLOPS ABYSSORUM PRAEALPINUS* (KIEFFER, 1939)

par Nicole LAIR

*Equipe d'Ecologie et Hydrobiologie Régionale  
Station Biologique de Besse-en-Chandesse - 63610 (Puy-de-Dôme)*

### RÉSUMÉ

*Dans une étude de production secondaire d'un écosystème lacustre, où sont prises en considération les écophases du zooplancton, on peut distinguer pour les phytophages, les consommateurs de microparticules et les consommateurs de macroparticules, pour les carnivores les consommateurs de proies de petite taille et*

*les consommateurs de proies de grande taille. D'après la répartition spatio-temporelle et la composition biochimique de *Cyclops abyssorum praealpinus* nous considérons que ce Copépode passe à partir du stade  $C_4$  d'un régime alimentaire herbivore à un régime carnivore.*

### SUMMARY

Food and feeding of zooplankton.  
Feeding of *Cyclops Abyssorum praealpinus*  
(KIEFFER 1939) Crustacea, Copepoda.

*In the study of secondary production of a lacustral ecosystem, where ecophases of zooplankton are taken in consideration, one can distinguish for the herbivorous the consumers of micro and macroparticles, and for the carnivorous the consumers of small and large*

*preys. According to the spatio-temporal distribution and the biochemical composition of *Cyclops abyssorum praealpinus* we consider that this Copepod passes from the four Copepodite stage of one herbivorous food to a carnivorous food.*

Dans les mesures de production secondaire effectuées au niveau des différentes populations d'un écosystème et prenant en considération les réseaux trophiques, il conviendrait selon DUSSART (1970) de considérer les espèces non plus du point de vue de la Systématique, mais selon « des ensembles espace-temps, ayant les mêmes caractéristiques écologiques », unités que cet auteur nomme écophases.

Certaines de ces écophases ont un régime herbivore et elles jouent un rôle important sur l'évolution des populations algales (BROOKS et DODSON, 1965; RYTHER et coll., 1970). Ce rôle peut même devenir primordial pour l'évolution trophique du système par rapport au rôle dévolu à un appauvrissement du système en substances nutritives pour le phytoplancton.

Dans le cadre d'une étude sur la production secondaire dans deux lacs du Massif Central Français (le Tazenat et le Pavin), j'ai donc tenté de considérer à quel régime alimentaire appartiennent les différentes écophases du zooplancton de ces lacs.

Pour cela, j'ai d'abord effectué une synthèse pratiquement utilisable des données de la littérature concernant les régimes alimentaires du zooplancton (chap. 1), puis j'ai situé les animaux du zooplancton des 2 lacs considérés dans les cadres de la classification ainsi établie (chap. 2) et enfin j'ai eu à résoudre le problème de la nutrition de *Cyclos abyssorum praealpinus* aux différents états de son développement les premiers stades étant probablement herbivores, comme l'ont supposé certains auteurs pour d'autres espèces de *Cyclops* (GREZE, 1970; STEPANOVA, 1972).

## I. — RÉGIMES ALIMENTAIRES DU ZOOPLANCTON

La littérature abonde de données éparées concernant la nourriture des Crustacés du plancton — que ce soient des espèces marines ou des espèces dulçaquicoles — et celle des Rotifères (JURINE, 1820; BIRGE, 1897; PUTTER, 1907; DAKIN, 1908; LOHMANN, 1908, 1909, 1911; ESTERLY, 1916; NAUMANN, 1918, 1923; LEBOUR, 1922; MARSHALL, 1924; SOUTHERN et GARDINER, 1926; KLUGH, 1927; STORCH, 1928; KROGH, 1931; HARVEY et coll., 1935; HARDY et GUNTHER, 1935; LOWNDES, 1935; FULLER et CLARKE, 1936; FULLER, 1937; HARVEY, 1937; LEFÈVRE, 1942; RAYMONT et GROSS, 1942; CARLIN, 1943; LEFÈVRE, 1944; RYLOV, 1948; LINDBERG, 1949; GAULD, 1950; OLIVA O. et SLADECEK, 1950; RAYMONT et GAULD, 1951; RYTHER, 1954; MARSHALL et ORR, 1955; EDMONSON, 1957; FRYER, 1957; CUSHING, 1959; DAVIS, 1959; NAUWERCK, 1963; COMITA, 1964; EINSLE, 1964; BOGATOVA I.B., 1965; BROOKS et DODSON, 1965; POURRIOT, 1965; BLAZKA P., 1966; JACOBS, 1966; RICHMAN, 1966; AU-

VRAY C. et DUSSART, 1967; GLIWICZ, 1967; BROOKS, 1968, 1969; BURNS, 1969 a et b; DUSSART, 1969; KRYUTCHKOVA N.M. et SLADECEK, 1969; RICHMAN et ROGERS, 1969; GLIWICZ, 1969 a, b et c et 1970; ANDERSON, 1970; GALKOVSKAYA G.A., 1970; MARTIN, 1970 a et b; MULLIN et BROOKS, 1970 a et b; PARSONS et LEBRASSEUR, 1970; RIGLER, 1970 et 1971; ARNOLD, 1971; BISHOP, 1971; GRAS, ILTIS et SAINT-JEAN, 1971; WEGLENSKA T., 1971; STEPANOVA L.A., 1972; ALLAN, 1973; CROWLEY, 1973; HANEY, 1973; GUTEL'MAKHER, 1973; POULET, 1973; WILSON, 1973; BOSSELMANN, 1975; CHISHOLM et coll., 1975; DODSON, 1975; MULLIN et coll., 1975; etc...). Les observations de ces auteurs ont apporté des précisions concernant la morphologie et le fonctionnement de l'appareil buccal, la qualité de la nourriture, les taux de filtration, le mode de prédation, la taille et la nature des particules (vivantes ou mortes) ingérées. La nourriture du zooplancton est complexe et le phytoplancton n'en est pas toujours le composant principal.

Que ce soit au niveau de l'espèce ou de ses écophases (DUSSART, 1970), ou par rapport à l'état trophique du milieu étudié, il y a des différences très importantes dans les modes de nutrition du zooplancton. Pendant longtemps, on a commis l'erreur d'associer « groupes systématiques » et « mode de nutrition », et certains ouvrages indiquent — pour ne citer que la Classe des Copépodes — que l'Ordre des Harpacticides est détritivore, que l'Ordre des Calanides est herbivore, et que l'Ordre des Cyclopides est carnivore. Ce n'est vrai qu'en première approximation, mais tout comme le maillage du filet à plancton ne s'accorde pas avec la systématique, ce type de classification ne correspond pas toujours à la réalité; certaines écophases adultes de Calanides (*Epischura*...) sont carnivores, certains Cyclopides sont herbivores (*Eucyclops*...). J'ai donc cherché à faire une classification qui permette de situer les écophases au niveau trophique auxquelles elles appartiennent. Le problème est d'autant plus délicat, qu'une écophase dispose naturellement d'une nourriture différente d'un milieu à l'autre, et d'une saison à l'autre, et on ne peut prétendre (sauf en cultures) lui faire adopter une nourriture uniforme.

Il est très difficile de connaître la nature de la nourriture absorbée par les zooplanctontes en examinant leurs tractus digestifs. J'ai ainsi, en vain, tenté d'examiner le contenu du tube digestif de nombreux individus de *Cyclops abyssorum* et je n'ai jamais observé de fragments de proies identifiées. Le plus souvent le matériel ingéré est très vite digéré, ou bien il a été absorbé par succion. Les meilleurs résultats ont été obtenus après examen des pelotes fécales qui contiennent souvent des organismes entiers qui n'ont pas été assimilés, ou des débris encore déterminables.

Parmi les phytophages, je distingue :

a) *Les consommateurs de microparticules* : ce sont des animaux de petite taille; filtreurs typiques, ils ne sélectionnent pas leur nourriture, mais ingèrent des particules de taille généralement inférieure à 10  $\mu$ . Leur alimentation est mixte, à tendance soit phytophage, soit bactériophage, soit détritivore, selon la niche qu'ils occupent. GUTEL/MAKHER (1973) a montré que dans un lac oligotrophe, le phytoplancton et le bactérioplancton constituent respectivement 12,1 à 42,2 % et 7,5 à 17,3 % de la ration alimentaire (en % du poids corporel) de *Bosmina longirostris*, *Eudiaptomus graciloides* et *Holopedium gibberum*. Ces consommateurs sont la majorité des Rotifères, les petits Cladocères, les nauplius de Copépodes, des Protozoaires. Ils absorbent à la fois des débris végétaux de toutes sortes, dégradés ou non par les Bactéries, des particules solides (en culture ils absorbent aussi bien des fragments de micas que des Diatomées...), des Bactéries, du nanoplancton (petits Flagellés...) qu'ils ne différencient pas.

b) *Les consommateurs de macroparticules* : ce sont également des filtreurs qui absorbent préférentiellement le nanoplancton. En effet, les grandes formes du phytoplancton ne sont pas assimilables directement par les filtreurs qui ne possèdent pas d'enzymes cellulolytiques. Les Algues de grande taille peuvent être utilisées de plusieurs façons : — soit elles ont été lysées par les Bactéries et sont plus faciles à digérer — soit elles ont été cassées à leur passage dans le tractus digestif d'un autre organisme

aquatique — soit les individus filtreurs sucent le contenu des Algues (Algues filamenteuses en particulier). Dans ce cas, il se produit une expansion et une contraction du tractus buccal permettant la succion. Ces filtreurs consommateurs de macroparticules sont représentés par quelques Rotifères, des Cladocères (écophases de grande taille), les derniers stades copépodites (4, 5) et adultes de Calanides. Ils se nourrissent de Desmidiées, Dinoflagellés, Chrysophycées, Diatomées, Volvocales etc... Ou bien les animaux filtrent passivement le matériel (organique ou inorganique) en suspension, et leur capacité de filtration dépend de la concentration en nourriture — ou encore (et c'est le cas des écophases de grande taille), les animaux sélectionnent leur nourriture. Certains auteurs admettent que les animaux passent une partie de leur temps à filtrer sans distinguer les particules, puis une autre à les saisir : mais la sélection s'interrompt avec la diminution de la concentration en particules; quand les densités de populations sont faibles, il n'y a pas de sélection. (Certains Copépodes ont été placés dans des labyrinthes, afin de déterminer le rôle de leurs antennes dans l'orientation de leurs mouvements et de connaître quelles expansions leur permettaient de détecter les obstacles. Certaines aesthètes en seraient responsables, avec lesquelles les Crustacés pourraient détecter leur nourriture).

Parmi les carnivores, je distingue :

a) *Les consommateurs de proies de petite taille* : ce sont les carnivores types. Là encore la nourriture est mixte et l'on trouve bien souvent des Algues vertes intactes dans les pelotes fécales des Copépodes (plastes de spirogyres vidées de leur contenu cellulaire...). En même temps que des Algues, des détritus, des Bactéries périphtiques ou non, les carnivores absorbent une majorité de proies plus petites qu'eux (Rotifères, petits Cladocères, nauplii et jeunes stades copépodites...) *Branchinecta gigas*, qui se nourrit à la fois par filtration et par prédation peut consommer jusqu'à 150 petits Crustacés par jour. Il peut aussi y avoir absorption de la nourriture par succion. Les proies sont le plus souvent rencontrées au hasard. Il n'y a généralement pas de sélection

chez ces écophases carnivores que l'on trouve chez les grands Rotifères, aussi bien que dans la Classe des Crustacés.

b) *Les consommateurs de proies de grande taille* : ce sont des carnivores qui se nourrissent souvent de proies plus grosses qu'eux. *Mesocyclops edax* se nourrit de *Diaptomus floridanus*. Ces écophases carnassières sont de grande taille et la prédation se fait beaucoup plus en fonction de la faim que de l'abondance des proies; le cannibalisme est fréquent. Ce sont généralement des Copépodes; selon leur degré de maturité, les uns se nourrissent des autres et les estimations des pertes (allant de 1 à 6 % de la biomasse des copépodites) indiquées dans la littérature sont certainement inférieures aux pertes qui se produisent au lac de Tazenat. Certains sélectionnent leurs proies, abaissant ainsi la quantité des Calanides qui sont choisis de préférence aux Cladocères, lorsque les 2 coexistent. Le taux moyen de prédation des proies de grande taille peut aller jusqu'à 6 proies par jour et davantage pour un individu. On a trouvé fréquemment dans leurs excréments des gouttelettes lipidiques appartenant aux individus dont ils succent le contenu (mécanisme fréquent chez les parasites). Certaines écophases adultes peuvent s'attaquer à des proies énormes qu'elles broient littéralement, entraînant des dégâts importants dans le frai de certains Poissons. Dans le lac Erié : *Cyclops bicuspidatus* et *Mesocyclops edax* exploitent le font et sont retrouvés sur le corps d'alevins moribonds. Un *Cyclops strenuus* avait attaqué une larve d'*Axolotl* de 2 cm... Ainsi, ces écophases carnassières, non seulement se nourrissent aux dépens de la nourriture des Poissons planctophages dont elles sont les premières concurrentes, mais, « paradoxe du plancton », elles détruisent le frai, assurant en quelque sorte le contrôle des naissances. En effet, rappelons que les écophases planctophages des Poissons appartiennent à la fois au niveau secondaire (ils mangent les écophases herbivores) et au niveau tertiaire (ils mangent les écophases carnivores); leur régime alimentaire est étroitement lié aux populations zooplanctoniques (GUCCINI, 1904; WAGLER, 1941; ELSTER, 1950; PATALAS, 1954; NILSSON, 1958; QUADRI, 1961; BOT-

NARIUC et SPATARU, 1963; BERG et GRIMALDI, 1965...).

La notion de « niveau trophique » est donc bien artificielle. Un Copépode carnassier de quelques millimètres est beaucoup plus vorace qu'un gros Poisson planctonique qui ouvre passivement la bouche. Il appartient à un niveau trophique inférieur, et le niveau trophique « supérieur » n'est pas toujours constitué par les plus grands individus et les interdépendances sont étroites au niveau de ces chaînes alimentaires. Le matériel dissous dans l'eau peut servir de complément de nourriture aux filtreurs, mais c'est surtout le matériel particulé qu'il utilisent. Au niveau des phytophages, le plus souvent, la quantité de nourriture présente dans le milieu est suffisante, et le trypton, généralement d'origine végétale — résultant de la décomposition d'éléments allochtones (feuilles mortes) ou autochtones (macrophytes et Algues) — peut compléter les rations alimentaires. Si le zooplancton herbivore évite les accumulations d'Algues (les fleurs d'eau sont rarement assimilables), son broutage limite la production. Les vitamines, les éléments nutritifs... libérés et régénérés dans le milieu peuvent stimuler le développement des Algues, contribuant à la régulation des populations. Les Poissons planctophages ont, nous l'avons déjà souligné, les carnivores du zooplancton pour compétiteurs directs. Enfin (et je n'aborderai pas le problème de la nutrition en fonction des migrations nyctémérales; *Eudiaptomus* adulte filtre mieux à la lumière, *Daphnia* à l'obscurité...) le régime alimentaire change naturellement au cours de l'année; il diffère aussi selon la niche écologique de l'espèce et de l'écophase : *Holopedium gibberum* (dans son enveloppe gélatineuse) se tient dans l'épilimnion, certaines espèces ou écophases sont sub-benthiques, d'autres changent d'habitat pour trouver de quoi se nourrir...

Parmi les animaux dont se compose le zooplancton des deux lacs étudiés, restait à définir le régime alimentaire des différents stades du développement de *Cyclops abyssorum*. En effet, le genre *Cyclops* semble adopter un régime alimentaire très varié selon le milieu dans lequel il vit, donc selon la nourriture dont il dispose. GREZE (1970), STEPANOVA L.A.

(1972)... ont supposé que les premiers stades de différentes espèces de *Cyclops* sont herbivores. SCHINDLER (1971) constate que si les *Cyclops* ingèrent des Algues, ils ne possèdent pas d'enzymes permettant de les assimiler. DONSON (1975) établit que l'espèce *vicinus* n'est pas prédatrice et ingère en culture du matériel végétal de préférence à du matériel animal.

## II. — RÉGIMES ALIMENTAIRES DU ZOOPLANCTON DES LACS TAZENAT ET PAVIN

Ainsi, parmi les animaux dont se compose le zooplancton des lacs de Tazenat et Pavin, la plupart des Rotifères sont consommateurs de microparticules à tendance phytophage : *Filinia terminalis*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis* (qui peut avoir un régime alimentaire à tendance détritivore), *Conochilus unicornis*, *Conochiloides natans*, ainsi que *Bosmina longirostris* (qui se plaît dans les lacs oligotrophes et disparaît quand il y a eutrophisation), *Chydorus sphaericus* (qui a un régime à tendance détritivore), l'écophase « jeune nauplii, celle des jeunes stades copépodites d'*Acanthodiaptomus denticornis* et les jeunes Cladocères. Ces formes se nourrissent surtout de Chlorophytes et quelquefois de Cyanophycées. Les autres écophases de *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia quadrangula* (qui peut être bactériophage) et *Diaphanosoma brachyurum* ainsi que les derniers stades copépodites et adultes d'*Acanthodiaptomus*, sont des consommateurs de microparticules, Bacillariophycées (centriques), Chlorophycées (colonies d'*Eudorina*), fragments de colonies de Cyanophycées.

*Asplanchna priodonta* a souvent été considérée comme une espèce carnivore, en fait, et c'est aussi le cas de *Synchaeta pectinata*, ce Rotifère est omnivore. Le premier se nourrit de Bacillariophycées, fragments de *Melosira*, *Ceratium*, fragments d'*Anabaena*... et de *Bosmina*, embryons de Cladocères, *Keratella*, pelotes fécales de Copépodes; le second a une tendance plus marquée à la prédation, mais absorbe aussi des Algues.

Parmi les carnivores (dont *Polyphemus pediculus*), restait à résoudre le problème de la nutrition de *Cyclops abyssorum praealpinus*.

## III. — RÉGIME ALIMENTAIRE DE *CYCLOPS ABYSSORUM PRAEALPINUS*

L'étude de la répartition spatio-temporelle permet de constater que les différents stades de développement sont répartis dans des zones différentes selon les périodes de l'année (LAIR N. et coll., 1975). Dans les lacs de Tazenat et Pavin, les stades ne se déplacent généralement pas séparément. Ils sont associés dans le temps avec les stades suivants : dans le lac de Tazenat, il y a des fluctuations en automne, au moment de la mue des  $C_3$  en  $C_4$  et de la descente des  $C_4$  et  $C_5$  au fond du lac. Le phénomène est particulièrement net dans le lac Pavin : nauplii,  $C_1 + C_2 + C_3$  ont des maximums d'abondance en alternance,  $C_4 + C_5$  et adultes évoluent séparément.

Chaque espèce (*Cyclops abyssorum*, *Acanthodiaptomus denticornis*) est composée de 6 écophases :

1. les œufs,
2. les nauplii 1, (2) qui se nourrissent aux dépens des réserves de l'œuf,
3. les nauplii (2),  $3 + 4 + 5 + 6$ ,
4. les copépodites  $C_1 + C_2 + C_3$ ,
5. les copépodites  $C_4 + C_5$ ,
6. les adultes.

Cela laisse supposer que ces groupes ont un type de nourriture distinct, ils occupent des niches écologiques différentes.

Remarque : REY J. et CAPBLANCQ (1975) ont observé que la répartition des stades copépodites 1 à 3 du *Mixodiaptomus laciniatus* qui vit dans le lac de Port-Bielh ne suit pas celle des stades copépodites 4 et 5. Il en est de même pour le *Cyclops strenuus* dont les stades copépodites 4 et 5 paraissent, dans ce lac, davantage inféodés à un mode de vie benthique. On retrouve ici les écophases différenciées ci-dessus dans les lacs de Tazenat et Pavin.

Convient-il de généraliser la séparation de ces espèces en écophases distinctes (*Acanthodiptomus* est très proche de *Mixodiptomus*), il sera intéressant d'étendre ces observations à d'autres biotopes.

A partir de quel stade, *Cyclops abyssorum* adopte-t-il un régime omnivore à carnivore ? Il y a, nous venons de le voir, un changement de répartition spatio-temporelle entre les stades  $C_3$  et  $C_4$ , mais s'il y a modification du régime alimentaire il peut s'agir d'une même qualité de nourriture de taille différente.

MARSHALL et coll. (1934), LITTLEPAGE (1962), SIEKFEN et ARMITAGE (1968) ont mis en évidence le rôle de l'alimentation sur les variations de la composition biochimique du zooplancton. Dans la mesure où les herbivores ont un métabolisme glucidique, alors que les carnivores ont un métabolisme essentiellement lipidique, nous avons émis l'hypothèse suivante : un changement de la composition biochimique de *Cyclops abyssorum praealpinus* pourrait être dû à un changement de régime alimentaire.

Sur le matériel prélevé dans le lac de Tazenat dans lequel *Cyclops abyssorum* constitue, à lui seul plus de 90 % de la biomasse totale du zooplancton, CHARUAU-BERNARD (1974) a obtenu les résultats suivants :

— au moment de la mue des  $C_3$  en  $C_4$  et du d'abondance maximum d'abondance des  $C_4$  et  $C_5$  il y a une augmentation de la teneur en lipides, dont les variations sont inverses de la teneur en glucides.

Sur le matériel prélevé dans le lac Pavin, après une séparation des écophases, BERTHON (1975) observe une diminution de la teneur en glucides à partir des stades  $C_4 + C_5$ , alors que la teneur en lipides augmente, ce qui confirme les résultats obtenus précédemment.

## DISCUSSION

Afin de vérifier l'hypothèse d'un changement de régime alimentaire entre les stades  $C_3$  et  $C_4$ , il a été envisagé de comparer la composition biochimique

de *Cyclops abyssorum* avec celle d'un Copépode herbivore strict (*Acanthodiptomus denticornis*) vivant également dans le lac Pavin (BERTHON, 1975). Les résultats obtenus ne peuvent cependant pas être utilisés comme points de comparaison. En effet, *A. denticornis* a une vitesse de croissance plus lente, en outre la composition chimique globale des deux espèces permet de constater que l'espèce herbivore est constituée d'une petite quantité de chitine, ses besoins métaboliques au moment des mues sont différents. Il s'avère qu'*Acanthodiptomus* est une espèce capable de survivre en hiver, grâce à son aptitude à stocker et à utiliser des réserves : elle a, en effet, un mécanisme estival de mise en réserve de lipides, puis une phase d'utilisation hivernale au moment où elle ne trouve plus d'Algues de taille convenable pour se nourrir. Enfin, les deux espèces considérées ne se développent pas simultanément et ne trouvent donc pas une qualité comparable de nourriture à la même période. Les variations de leur composition biochimique sont trop complexes pour être comparées, d'autant plus que le substrat métabolique utilisé varie selon les espèces (CHAISEMARIN, 1971).

A la suite de ces résultats concernant d'une part la répartition spatio-temporelle, d'autre part, la composition biochimique, nous avons admis que *Cyclops abyssorum* passe d'un régime alimentaire herbivore (écophases 2, 3 et 4) à un régime alimentaire carnivore (écophases 5 et 6). Compte tenu des régimes alimentaires des différentes écophases, il est dès lors possible d'analyser les réseaux trophiques au niveau de la production secondaire.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLAN (J.D.), 1973. — Competition and the relative abundances of two Cladocerans. *Ecology*, **54** (3), 484-498.
- ANDERSON (R.S.), 1970. — Predator-prey relationships and predation rates for Crustacean zooplankters from some lakes in western Canada. *Can. J. Zool.*, **48** (6), 1229-1240.

- ARNOLD (D.E.), 1971. — Ingestion assimilation, survival, and reproduction by *Daphnia pulex* fed seven species of blue-green algae. *Limnol. and Oceanogr.*, **16** (6), 906-920.
- AUVRAY (C.) et DUSSART (B.), 1967. — Rôle de quelques facteurs du milieu sur le développement post-embryonnaire des Cyclopides (Crustacés Copépodes). II. Cas des Cyclops et influences des facteurs extérieurs. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **92** (1), 11.
- BERG (A.) et GRIMALDI (E.), 1965. — Biologia delle due forme di coregone (*Coregonus sp.*) del lago Maggiore. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **18**, 25-196.
- BERTHON (J.L.), 1975. — Répartition spatio-temporelle, nutrition, composition chimique du zooplancton pélagique du lac Pavin (P. de D.). Thèse Dr. 3<sup>e</sup> Cycle, Université de Clermont.
- BIRGE (E.A.), 1897. — Plankton studies on Lake Mendota. II. The Crustacea from the plankton from July, 1894, to December, 1896. *Trans. Wis. Acad. Sci. Arts Lett.*, **11**, 274-448.
- BISHOP (J.W.), 1971. — Effects of zooplankton on Algae in Westhampton lake. *Wat. Res. Res. Cent. Virginia Poly. Inst.*, 1-31.
- BLAZKA (P.), 1966. — Metabolism of natural and cultured populations of *Daphnia* related to secondary production. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **16**, 380-385.
- BOGATOVA (I.B.), 1965. — The food of Daphnids and Diaptomids in ponds. *Trudy Nauchno-issled. Inst. ryb. Khoz.*, **13**, 165-178.
- BOSSSELMAN (S.), 1975. — Production of *Eudiaptomus graciloides* in lake Esrom 1970. *Arch. Hydrobiol.*, **76** (1), 43-64.
- BOTNARIUC (N.) et SPATARU (P.), 1963. — Etude de la nourriture naturelle de la Brème (*Abramis brama L.*) dans le complexe d'étangs Crapina Jijila (zone inondable du Danube). *Vest. Cs. Spol. Zool.*, **27** (2), 130-146.
- BROOKS (J.L.), 1968. — The effects of prey size selection by lake planktivores. *Syst. Zool.*, **17** (3), 272-291.
- BROOKS (J.L.), 1969. — Eutrophication and changes in the composition of the zooplankton. *Eutrophication: causes, conséquences, correctives National Academy of Sciences Washington, D.C.*, 236-255.
- BROOKS (J.L.) et DODSON (S.I.), 1965. — Predation, body size and composition of plankton. *Science U.S.A.*, **150** (3692), 28-35.
- BURNS (C.W.), 1969. — Relation between filtering rate, temperature, and body size in four species of *Daphnia*. *Limnol. and Oceanogr.*, **14**, 693-700.
- CARLIN (B.), 1943. — Die Planktonrotatorien des Motaloström. *Medd. Lunds. Univ. Limn. Inst.*, **5**.
- CHAISEMARTIN (C.), 1971. — Mobilisation des réserves de métabolites chez les *Astacidae*. Influences comparées de la stabulation à jeun et de certains états pathologiques. *C. R. Soc. Biol.*, **165** (3), 671-676.
- CHARUAU-BERNARD (M.P.), 1974. — Contribution à l'étude dynamique du zooplancton dans le lac de Tazenat (Puy-de-Dôme). Thèse Dr. 3<sup>e</sup> Cycle, Université de Paris VI.
- CHISHOLM (S.W.), STROSS (R.G.) et NOBBS (P.A.), 1975. — Environmental and intrinsic control of filtering and feeding rates in arctic *Daphnia*. *J. Fish. Res. Bd Canada*, **32** (2), 219-226.
- COMITA (G.W.), 1964. — The energy budget of *Diaptomus siciloides* Lilljeborg. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **15**, 646-653.
- CROWLEY (Ph. H.), 1973. — Filtering rate inhibition of *Daphnia pulex* in Wintergreen lake water. *Limnol. and Oceanogr.*, **18** (3), 394-402.
- CUSHING (D.H.), 1959. — On the nature of production in the sea. *Fish. Invest. London*, Sér. II, **22** (6), 40.
- DAKIN (J.W.), 1908. — Notes on the alimentary canal and food of the Copepoda. *Internat. Rev. der Gesam. Hydrol. und Hydrog.*, **1**, 772-782.
- DAVIS (Ch. C.), 1959. — Osmotic hatching in the eggs of some freshwater Copepods. *Biol. Bull.*, **116** (1), 15-29.
- DODSON (S.I.), 1975. — Predation rates of zooplankton in archaic ponds. *Limnol. and Oceanogr.*, **20** (3), 426-433.
- DUSSART (B.), 1969. — Les Copépodes des eaux continentales d'Europe Occidentale. Tome II : Cyclopoides et Biologie. Ed. N. Boubée et Cie, 292 p.
- DUSSART (B.), 1970. — Quelques problèmes d'écologie. *Bull. Assoc. Prof. Biol. Géol.*, **57** (197), 3.
- EDMONDSON (W.T.), 1957. — Trophic relations of the zooplankton. *Trans. Amer. micr. Soc.*, **76**, 225-245.
- ENSLE (U.), 1964. — Die Gattung Cyclops s. str. in Bodensee. *Arch. Hydrobiol.*, **60** (2), 133-199.
- ELSTER (H.I.), 1950. — Über die Abhängigkeit der Felchenfangplätze von der Verteilung des Planktons. *Allgem. Fish. Zeit.*, **75** (15), 16-17.
- ESTERLY (J.L.), 1916. — The feeding habits and food of pelagic Copepods and the question of nutrition by organic substances in solution in the water. *Univ. Calif. Pbl. Zool.*, **16** (14), 171-184.
- FRYER (G.), 1957. — The feeding mechanism of some freshwater Cyclopoid Copepods. *Proc. Zool. Soc. London*, 1-25.

- FULLER (J.L.) et CLARKE (G.L.), 1936. — Further experiments on the feeding of *Calanus finmarchius*. *Biol. Bull. Woods Hole*, **70**, 308-320.
- FULLER (J.L.), 1937. — Feeding rate of *Calanus finmarchius* in relation to environmental conditions. *Biol. Bull. Woods Hole*, **72**, 233-246.
- GALKOVSKAYA (G.A.), 1970. — The utilization of food by pond zooplankton. *Hydrobiological Journal*, **6** (2), 42-47.
- GAULD (D.T.), 1950. — A fish cultivation experiment in an arm of sea-loch. III. The plankton of Kyle Scottish. *Proc. Roy. Soc. Edin.*, **64**, 36-64.
- GLIWICZ (Z.M.), 1967. — The contribution of nannoplankton in pelagial primary production in some lakes with varying trophy. *Bull. Acad. Polon. Sci.* **II**, **XV** (6), 343-347.
- GLIWICZ (Z.M.), 1969 a. — Studies on the feeding of pelagic zooplankton in lakes with varying trophy. *Ekologia, Polska, série A, Akad. Nauk*, **XVII** (36), 663-708.
- GLIWICZ (Z.M.), 1969 b. — The food sources of lakes zooplankton. *Ekologia, Polska, série B*, **15**, 205-223.
- GLIWICZ (Z.M.), 1969 c. — The share of *Algae*, *Bacteria* and *Trypton* in the food of the pelagic zooplankton of lakes with various trophic characteristics. *Bull. Acad. Polon. Sci.*, **12**, 159-165.
- GLIWICZ (Z.M.), 1970. — Calculation of food ration of zooplankton community as an example of using laboratory data for field conditions. *Arch. Hydrobiol.*, **17** (1-2), 169-175.
- GRAS (R.), ILTIS (A.) et SAINT-JEAN (L.), 1971. — Biologie des Crustacés du lac Tchad. II. Régime alimentaire des Entomostracés planctoniques. *Cah. ORSTOM, Série Hydrobiol.*, **V** (3-4), 285-296.
- GREZE (V.N.), 1970. — The biomass and production of different trophic levels in the pelagic communities of south seas. In *Marine food chain ed.* by J.H. Steele, Oliver and Boyd, Edinburgh.
- GUCCINI (L.), 1904. — L'alimentation naturale dei pesci del Lago d'Iseo. *Atti Conv. Acque. Ital., Brescia*, 12-13.
- GUTEL'MAKHER (B.L.), 1973. — Relative importance of phyto- and bacterioplankton in the feed ration of planktonic Crustaceans. *Hydrobiological Journal*, **9** (4), 15-20.
- HANFY (J.F.), 1973. — *Anin situ* examination of the grazing activities of natural zooplankton communities. *Arch. Hydrobiol.*, **72** (1), 87-132.
- HARDY (A.C.) et GUNTHER (E.R.), 1935. — The plankton of the South Georgia whaling grounds and adjacent waters 1926-1927. *Discovery Rep.*, **1**, 1-456.
- HARVEY (H.W.), COOPER (L.H.N.), LEBOUR (M.V.) et RUSSELL (F.S.), 1935. — Plankton production and its control. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **20**, 407-422.
- HARVEY (H.W.), 1937. — Note on selective feeding by *Calanus*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **22**, 97-100.
- JACOBS (J.), 1966. — Jährliche Zyklen des Adaptivwertes und ökologische Einnischung bei Daphnien. *Akad. Verlags*, **30** suppl., 290-296.
- JURINE (L.), 1820. — *Histoire des Monocles qui se trouvent aux environs de Genève*. Paris, 260 p.
- KLUGH (A.B.), 1927. — The ecology, food relations, and cultures of freshwater Entomostraca. *Trans. R. Canad. Inst.*, **16**, 15-98.
- KROGH (A.), 1931. — Dissolved substances as food of aquatic organisms. *Biol. Rev.*, **6**, 412-442.
- KRYUTCHKOVA (N.M.) et SLADCEK (V.), 1969. — Quantitative relations of the feeding and growth of *Daphnia pulex obtusa* (Kurtz) Scourfield. *Hydrobiologia*, **33** (1), 47-64.
- LAIR (N.), CHARUAU-BERNARD (M.P.) et BERTHON (J.L.), 1975. — Répartition spatio-temporelle diurne des Crustacés planctoniques dans les lacs de Tazenat et Pavin (Massif Central français). *Ann. Stat. Biol. Besse-en-Chandesse*, **9**, 25-28.
- LEBOUR (M.V.), 1922. — The food of plankton organisms. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **12**, 644-677.
- LEFÈVRE (M.), 1942. — L'utilisation des Algues d'eau douce par les Cladocères. *Bull. Biol.*, **76**, 250-276.
- LEFÈVRE (M.), 1944. — Algues d'eau douce et zooplankton. *Bull. Franç. Pisc.*, **132**, 1-7.
- LINDBERG (K.), 1949. — Crustacés Copépodes comme ennemis naturels de larves d'Anophèles. *Bull. Soc. Pathol. Exo.*, **42** (5-6), 178-179.
- LITTLEPAGE (J.L.), 1962. — Seasonal variation in lipid content of two antarctic marine Crustacea. *Biol. Antarctic. C.R. Paris*, 464-470.
- LOHMANN (H.), 1908. — Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton. *Wiss. Meeresuntersuch., Ab. Kiel N.F.* (10), 132-170.
- LOHMANN (H.), 1909. — Über die Quellen der Nahrung der Meerestiere und Püters Untersuchungen Hierüber. *Int. Rev. der Gesam. Hydrob. und Hydrog.*, **2**, 10-30.
- LOHMANN (H.), 1911. — Über das Nannoplankton und die Zentrifugierung Kleinsten Wasserproben zur Gewinnung desselben in lebendem Zustande. *Int. Rev. der Gesam. Hydrob. und Hydrog.*, **4**, 1-38.
- LOWNDES (A.G.), 1935. — The swimming and feeding of certain Calanoid Copepods. *Proc. Zool. Soc. London*, 687-715.

- MARSHALL (S.M.), 1924. — The food of *Calanus finmarchicus* during 1923. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **13**, 473-479.
- MARSHALL (S.M.), NICHOLLS (A.S.) et ORR (A.P.), 1934. — On the biology of *Calanus finmarchicus*. V. Seasonal distribution, size, weight and chemical composition in Loch Striven, in 1933, and their relation to phytoplankton. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **19** (2), 793-827.
- MARSHALL (S.M.) et ORR (A.P.), 1955. — Experimental feeding of the Copepod *Calanus finmarchicus* (Gunner) on phytoplankton cultures labelled with radioactive carbon ( $^{14}\text{C}$ ). *Deep-Sea Research*, suppl. 3, 110-114.
- MARTIN (J.H.), 1970a. — Phytoplankton-zooplankton relationships in Narragansett bay. IV. The seasonal importance of grazing. *Limnol. and Oceanogr.*, **15** A, 413-418.
- MARTIN (J.H.), 1970b. — The possible transport of trace metals via moulted Copepod exoskeletons. *Limnol. and Oceanogr.*, **15** (5), 756-761.
- MULLIN (M.M.), et BROOKS (E.R.), 1970a. Growth and metabolism of two planktonic, marine Copepods as influenced by temperature and type of food. *Marine Food Chains. No AT (II-1)*, 74-95.
- MULLIN (M.M.) et BROOKS (E.R.), 1970b. — The effect of concentration of food on body weight, cumulative ingestion, and rate of growth of the marine Copepod *Calanus helgolandicus*. *Limnol. and Oceanogr.*, **15** (5), 748-755.
- MULLIN (M.M.), et STEWART (E.F.), 1975. — Ingestion by planktonic grazers as a function of concentration of food. *Limnol. and Oceanogr.*, **20** (2), 259-262.
- NAUMANN (E.), 1918. — Über die natürliche Nahrung des limnischen Zooplankton. Ein Beiträge zur Kenntnis des Stoffhaushalt im Süßwasser. *Acta. Univ. Lunds*, **19**, 3-17.
- NAUMANN (E.), 1923. — Spezielle Untersuchungen über die Ernährungsbiologie des tienschen Limnoplanktons. II. Über den Nahrungserwerb und die natürliche Nahrung der Copepoden und die Rotiferen des Limnoplanktons. *Acta. Univ. Lunds N.F. II*, **19** (6), 17 p.
- NAUWERCK (A.), 1963. — Die Beziehungen zwischen Zooplankton und Phytoplankton im See Erken. *Symbologiae Botanicae Upsalienses*, **XVII** (5), 1-63.
- NILSSON (N.A.), 1958. — On the food competition between two species of *Coregonus* in a North Swedish lake. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm*, **39**, 146-151.
- OLIVA (O.) et SLADCEK (V.), 1950. — Harms caused by *Cyclops* on young fishes. *Akvaristické listy*, **22**, 13, en tchèque, résumé anglais).
- PARSONS (T.R.) et LEBRASSEUR (R.J.), 1970. — The availability of food to different trophic levels. In *The marine food chain*. Steele J.H., ed., Edinburgh, Oliver & Boyd, p. 325-347.
- PATALAS (K.), 1954. — Plankton *Crustacea* as food base for the small Whitefish (*Coregonus albula*) population in the Chazykawa lake. *Arch. Hydrobiol. Polska*, **2**, 259-276.
- POULET (S.A.), 1973. — Grazing of *Pseudocalanus minutus* on naturally occurring particulate matter. *and Oceanogr.*, **18** (4), 564-573.
- POURRIOT (R.), 1965. — Recherches sur l'écologie des Rotifères. *Vie et Milieu*, suppl. 21, Masson et Cie, Paris.
- PÜTTER (A.), 1907. — Die Ernährung der Wassertiere. *Zeits. Allg. Physiol.*, Bd. 7, 283-320.
- QADRI (S.U.), 1961. — Food and distribution of lake Whitefish in Lac la Ronge, Saskatchewan. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **90** (3), 303-307.
- RAYMONT (J.E.G.) et GROSS (F.), 1942. — On the feeding and breeding of *Calanus finmarchicus* under laboratory conditions. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh B*, **61**, 267-287.
- RAYMONT (J.E.G.) et GAULD (D.T.), 1951. — The respiration of some planktonic Copepods. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **29**, 681-693.
- REY (J.) et CAPBLANCO (J.), 1975. — Dynamique des populations et production du zooplankton du lac de Port-Bielh (Pyrénées centrales). *Ann. de Limnol.*, **11**, 1-46.
- RICHMAN (S.), 1966. — The effect of phytoplankton concentration on the feeding rate of *Diaptomus Oregonensis*. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, **16**, 392-398.
- RICHMAN (S.), et ROGERS (J.N.), 1969. — The feeding of *Calanus helgolandicus* on synchronously growing populations of the marine Diatom *Thalassiosira weissflogii*. *Limnol. and Oceanogr.*, **14** (5), 701-709.
- RIGLER (F.H.), 1970. — The char lake project. A study of energy flow in a high Arctic lake. In *Proceedings I.B.P. UNESCO Symposium Productivity problems of freshwaters*.
- RIGLER (F.H.), 1971. — Zooplankton. Feeding rates, p. 228-256. In *Edmondson et Winberg, 1971. A manual on methods for the assessment of secondary productivity in freshwaters I.B.P. Handbook*, 17, Oxford and Edinburgh.

- RYLOV (W.M.), 1948. — *Faune de l'U.R.S.S. Crustacés* 3, 3, *Cyclops d'eau douce (en russe)*, Moscou, 318 p.
- RYTHER (J.H.), 1954. — Inhibitory effects of phytoplankton upon the feeding of *Daphnia magna* with reference to growth, reproduction and survival. *Ecology*, 35, 522-533.
- RYTHER (J.H.), MENZEL (D.W.), HULBERT (E.M.), LORENZEN (C.J.) et CORWIN (N.), 1970. — Production and utilization of organic matter in the Peru Coastal Current. *Anton Bruun Rep.*, 4, 3-12.
- SCHINDLER (J.E.), 1971. — Food quality and zooplankton nutrition. *J. Anim. Ecol.*, 40, 589-595.
- SIEGFEN (M.), et ARMITAGE (K.B.), 1968. — Seasonal variation in metabolism and organic nutrients in three *Diaptomus* (Crustacea: Copepoda). *Comp. Bioch. and Physiol.*, 4, 591-609.
- SOUTHERN (R.) et GARDINER (A.C.), 1926. — The seasonal distribution of the Crustacea of the plankton in Lough Derg and the River Shannon. *Sci. Invest. Min. Fish. Irish Fr. St.*, 1, 1-170.
- STEPANOVA (L.A.), 1972. — En russe: Les rations alimentaires des populations de *Mesocyclops leuckarii* (Clausen) et *Leptodora kindtii* (Focke) du lac Il'meu'. *Gidrobiol. Zh. SSSR*, 8 (3), 90-92, bibl. (9 réf.).
- STORCH (O.), 1928. — Der Nahrungserwerbsweiser Copepoden Nauplien (*Diaptomus gracilis* und *Cyclops strenuus*). *Zool. Jb. Abt. allg. Zool. Physiol.*, 45, 385-436.
- WAGLER (E.), 1941. — Die Lachsartige (Salmonidae). II Teil: Coregonen, Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Ed. Schweizerbart'sche Verlagshandlung Stuttgart. p. 371-494.
- WEGLENSKA (T.), 1971. — The influence of various concentrations of natural food on the development, fecundity and production of planktonic Crustacean filtrators. *Ekologia, Polska*, XIX (30), 427-473.
- WILSON (D.S.), 1973. — Food size selection among Copepods. *Ecology*, 54 (4), 909-914.

## SUR UNE MÉTHODE D'UTILISATION D'UN LABORATOIRE SOUS-MARIN POUR LA RÉCOLTE DU ZOOPLANCTON AU VOISINAGE DU FOND

par Claude FALCONETTI (1) et Gérard SEGUIN (2)

### RÉSUMÉ

*Lors d'un séjour dans le laboratoire sous-marin « Helgoland » dans la baie de Lübeck, il a été procédé à une récolte de zooplancton sans interruption pendant cinq jours et 17 h 30, par un filet expérimental placé en station fixe à 50 cm au-dessus du fond, s'orientant face au courant.*

*La collection étudiée comprend : 24 espèces holoplanctoniques et 19 espèces méroplanctoniques. L'origine océanique et l'abondance relative de certaines d'entre elles confirment la présence d'un courant de fond plus froid en provenance du Kattegat.*

### I. — INTRODUCTION

Cette étude a pour but de connaître la composition qualitative d'un zooplancton recueilli à proximité immédiate du fond, par un prototype de filet à plancton s'orientant dans le courant et placé en station fixe. L'expérience a pu être réalisée grâce à la présence de l'un d'entre nous (C.F.) du 25 au 31 août 1974, dans le Laboratoire sous-marin « Helgoland » installé sur le fond de la baie de Lübeck (Bassin Ouest de la Mer Baltique).

### 2. — MATÉRIEL ET MÉTHODE

#### 2.1. FILET.

Sa forme est proche de celui utilisé par ZAITSEV (1962) pour les récoltes d'hyponeuston, il a été décrit par FALCONETTI C. et VAISSIÈRE R. (1975).

#### 2.2. MISE EN STATION (Fig. 1).

Dans ce cas précis d'expérimentation ce filet a été entièrement installé en scaphandre autonome sur un fond de 15 mètres. Son axe de rotation était une ligne maintenue rigide à la base par un lest de 20 kg et à l'autre extrémité par un ballon disposé à 3 m au-dessus du fond, gonflé à l'air

(1) et (2) U.E.R. Domaine Méditerranéen, Université de Nice.  
Laboratoire de Biologie et d'Ecologie marines, 06034 Nice Cédex.

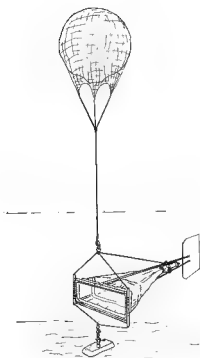


FIG. 1. — Le filet en station

comprimé par l'intermédiaire de l'embout du détenteur. Son ouverture était disposée dans une tranche d'eau située entre 30 et 50 cm au-dessus du substrat. Il était entièrement libre de tourner autour de son axe et de s'orienter face au courant grâce à son empennage.

### 2.3. MÉTHODE.

Lors de ce séjour de plongée en saturation, la sensibilité aux courants et la stabilité en direction de ce prototype ont été testées (FALCONETTI, 1975). La direction prise par le filet a été repérée systématiquement grâce à une boussole de plongée et à une ligne tendue sur le fond indiquant la direction Nord-Sud.

Ces observations ont été accompagnées par des mesures de températures à l'ouverture du filet. Ces différents renseignements sont comparés aux données météorologiques de surface (température, vents) de

la Baie de Lübeck, communiquées par le Bureau Météorologique de Hambourg.

Cette étude a été volontairement limitée à une analyse faunistique qualitative.

Le zooplancton a été collecté en permanence pendant plus de cinq jours (5 jours et 17 h 30). Le filet étant placé au même point nous avons procédé par simple permutation des collecteurs en plongée. Des essais de pêche au feu ont eu lieu par l'adjonction d'une lampe alimentée par la centrale du Laboratoire.

Le tableau 1 résume les séquences de temps, la température et la direction des courants constatés pour les différents prélèvements.

## 3. — SITUATION GÉOGRAPHIQUE GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE DU LIEU DE RÉCOLTE

### 3.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE GÉNÉRALE (SEGERSTRALE, 1957).

La Belt Sea constitue un bassin limitrophe à l'Ouest d'une ligne matérialisée par le Sound (Oresound) et le seuil de Darss-Gjedser, limite au-delà de laquelle débudent vers l'Est les caractéristiques particulières de la Baltique proprement dite (Ostsee). Ce bassin est un véritable estuaire, une zone de passage d'un courant de sortie des eaux dessalées de surface provenant de la Baltique vers le Sound et le Great Belt. Un contre-courant sur le fond du Great Belt et, occasionnellement sur celui du Little Belt, permet l'entrée d'une eau plus salée et plus froide durant l'été en provenance du Kattegat (fig. 2).

Cependant le seuil Darss-Gjedser de faible profondeur, limite considérablement l'entrée de cette eau salée en Baltique (Ostsee). De ce fait, il règne dans la Belt Sea des conditions de salinité très fluctuantes. Cette zone de mixage turbulent est selon Ekman (1953) principalement une aire saumâtre polyhaline

TABLEAU I

*Dates et durées des prélèvements, températures et direction du courant sur le fond*

| Dates                | Heure début | Heure Fin | Durée    | N° du prélèvement | Température sur le fond | Courants sur le fond |
|----------------------|-------------|-----------|----------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| 25.08.74<br>26.08.74 | 16 h        | 11 h      | 19 h     | 1                 | 9° C                    | NW                   |
| 26.08.74<br>27.08.74 | 11 h        | 11 h      | 24 h     | 2                 | 9° C - 9° C             | SE                   |
| 27.08.74             | 11 h        | 19 h      | 8 h      | 3                 | 9° C                    | S.SW                 |
| 27.08.74<br>28.08.74 | 19 h        | 10 h      | 15 h     | 4                 | 10° C                   | N, NE                |
| 28.08.74             | 10 h        | 17 h      | 7 h      | 5                 | 10° C                   | W                    |
| 28.08.74<br>29.08.74 | 17 h        | 11 h      | 18 h     | 6*                | 10° C                   | S                    |
| 29.08.74             | 11 h        | 14 h      | 3 h      | 7                 | 10° C                   | SE                   |
| 29.08.74<br>30.08.74 | 14 h        | 11 h      | 21 h     | 8                 | 14° C                   | SW                   |
| 30.08.74             | 11 h        | 13 h      | 2 h      | 9                 | 14° C                   | SE                   |
| 30.08.74             | 13 h        | 18 h 30   | 5 h 30   | 10                | 9° C                    | SE                   |
| 30.08.74<br>31.08.74 | 18 h 30     | 9 h 30    | 15 h     | 11*               | 8° 5C                   | E                    |
|                      |             |           | 137 h 30 | * pêche au feu    |                         |                      |

dont la salinité varie entre 10 et 17 (20 ‰) dominée quelquefois par la présence d'une eau oligohaline 17 (20) — 30 ‰.

Ces fluctuations sont dues à des variations du régime des vents et du niveau de la mer.

Les changements brusques et de grandes amplitudes de salinité et de température contribuent à l'appauvrissement de la flore et de la faune marines.

L'instabilité du régime hydrodynamique provoque un transport continu des organismes planctoniques hors des limites de leurs aires.

### 3.2. LE SITE DE L'U.W.L. « HELGOLAND ».

La Baie de Lübeck est située dans la partie méridionale de la Belt Sea (Baie de Mecklenbourg).

Le Laboratoire sous-marin était installé sur un fond de 15 mètres, à quelques milles de la côte.

Cette baie s'ouvre largement sur le détroit Darss-Gjedser et se trouve sur le trajet du courant provenant du Kattegat.

Elle constitue donc une zone de rencontre d'une masse d'eau de surface dessalée et chaude en été et d'une masse d'eau profonde plus salée et froide d'origine océanique.

Les observations en plongée ont permis de constater la présence sur le fond d'un courant d'eau froide limité par une thermocline située à 1 m ou exceptionnellement 2 m au-dessus du fond. Le filet a toujours récolté sous la thermocline (sauf le 30 août). De plus, durant cette période, 3 configurations de vents ont été enregistrées :

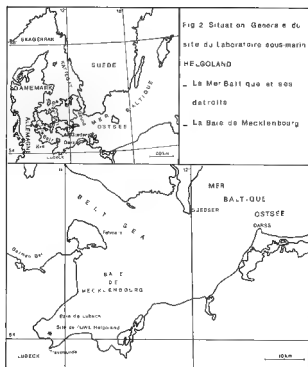


FIG. 2.

— Par vent dominant de Nord-Est, Force 1 à 4 du 28 août au 30 août, nous avons constaté un courant de surface tournant d'Est en Ouest (température de surface 18-19 °C). Sur le fond, sous la thermocline le courant a tourné d'Ouest en Est (température entre 10 °C et 14 °C).

— Par vent de Sud-Ouest, Force 1 et 3 (température de surface = 17 °C) nous avons noté une variation du courant sous la thermocline du Nord-Ouest vers le Nord Nord-Est (températures de 9 °C à 9°,7 °C).

— Par vent de Sud-Est et Est Sud-Est, Force 5 (température 19, 17 °C) le courant sur le fond a tourné du Sud Sud-Ouest au plein Est (température de 9,5 °C à 8,5 °C).

La Baie de Lübeck qui fonctionne apparemment comme un piège de masses d'eaux de salinité et de températures différentes, présente une stratification thermique discrète comme le prouve la présence constante mais très fluctuante en direction d'une

veine d'eau salée plus froide au ras du fond probablement en provenance du Kattegat. D'ailleurs, nous avons pu constater « de visu » que la limite de visibilité relative correspondait exactement à une thermocline. Au-dessus de cette limite, une grande richesse en zooplancton et surtout en macroplankton se manifeste par la grande abondance de la méduse *Aurelia aurita* formant une véritable couche difficile à franchir en plongée depuis la surface et visible du bateau (couche que nous avons prise lors de la première sortie d'entraînement pour le fond de la baie).

Au-dessous de ce véritable plafond qui matérialise la thermocline, l'eau est nettement plus froide caractérisée par la présence de jeunes *Gadus morhua* que nous n'avons jamais vus même accidentellement au-dessus de cette limite.

Il semblerait donc que la majorité du zooplancton récolté caractérise une eau froide et salée en provenance du Kattegat.

#### 4. — LISTE SYSTÉMATIQUE DES ESPÈCES RENCONTRÉES

##### MÉDUSES

##### Hydroméduses.

- Sarsia exima* (Allman).
- Sarsia prolifera* Forbes.
- Sarsia tubulosa* Sars.
- Sarsia gemmifera* Forbes.
- Zanclea costata* Gegenbaur.
- Litsea blondina* Forbes.

##### Anthoméduses.

- Rathkea octopunctata* Sars.

##### CTENOPHORES.

- Larves Cidippoïde de Pleurobrachia.*
- Pleurobrachia pileus* O.F. Müller.

##### CHAETOGNATHES.

- Sagitta elegans* Verrill.

##### ANNELIDES.

- Larves de Spionidae.*

## COPÉPODES.

Copépodites divers.

*Paracalanus parvus* Claus mâle.

*Calocalanus contractus* Farron femelle.

*Microcalanus pygmaeus pusillus* Sars femelle.

*Centropages hamatus* Lilljeborg mâle et femelle.

*Candacia norvegica* Boeck mâle.

*Candacia tenuimana* Giesbrecht femelle.

*Acartia longiremis* Lilljeborg femelle.

*Acartia clausi* Giesbrecht femelle.

*Oithona* sp. (juvénile).

*Oithona helgolandica* Claus femelle.

*Oithona plumifera* Baird mâle et femelle.

*Oncaea notopus* Giesbrecht femelle.

*Halithalestris Croni* Kröyer femelle.

## 5. — APERÇU QUANTITATIF

Malgré l'impossibilité d'effectuer des comptages en vue de faire l'étude quantitative de ce zooplancton, nous avons pu dresser une liste de présence et d'abondance des espèces pour les 11 récoltes successives (Tableau 2).

|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| CC = très commun  | AR = assez rare |
| C = commun        | R = rare        |
| AC = assez commun | RR = très rare  |

6. — DISCUSSION  
ET INTERPRÉTATION ÉCOLOGIQUE

## OSTRACODES.

*Conchoecia* sp (juvénile).

*Conchoecia obtusata* Sars.

## CLADOCÈRES.

*Podon intermedius* Lilljeborg.

*Podon polyphemoides* Leuckart.

*Evadne nordmanni* Loven.

## AMPHIPODES.

*Gammarus Duebeni* Lilljeborg.

## LARVES DE CRUSTACÉS.

Nauplii de Cirripèdes.

Cypris de Cirripèdes.

Zoë de Brachyours.

Larves de Palaemonidae.

## LARVES DIVERSES.

Veligères de Pélécytopodes.

Veligères de Gastropodes.

Larves d'Annélides polychètes.

Larves Bipinnaria de Stellerides.

Jeune oursin.

Larve têtard d'Ascidie (*Phallusia mamillata*?)

## APPENDICULAIRES.

*Oikopleura dioica* Fol.

*Frutillaria borealis* Lohmann.

## ŒUFS ET ALEVINS DE POISSONS.

Alevins de Gadidae (*Gadus* sp.).

## 6.1. LES MÉDUSES.

L'observation du tableau 2 montre que l'ensemble des méduses déterminées se cantonne dans la veine d'eau située sous la thermocline. Elle semble jouer un rôle de barrage thermique puisque le prélèvement 9 qui correspond au seul jour où le filet a travaillé exactement à son niveau (14 °C, courant de Sud-Est) ne présente aucune méduse qui jusqu'alors étaient assez communes. Le phénomène est particulièrement net pour *Rathkea octopunctata*. C et AC de 8,5 °C à 10 °C.

## 6.2. LES CTENOPHORES.

*Pleurobrachia pileus*: selon SEGERSTRÅLE (1957), cette espèce rentre profondément en Baltique à la faveur du courant froid sur le fond.

## 6.3. LES COPÉPODES.

Il est intéressant de constater que certains copépodes sont présents dans presque tous les prélèvements. Nous pouvons en citer 3 espèces :

— *Paracalanus parvus* : cosmopolite du plancton côtier, est connu en Baltique proprement dite (Ostsee).

— *Centropages hamatus* représente l'espèce la plus fréquente et la plus abondante. Très connue en Baltique, elle tolère une salinité basse

TABLEAU 2  
Liste de présence et d'abondance des espèces

| E S P E C E S                       | TEMPERATURE |  | 8° C |    | 9° C |    | 10° C |    | 11° C |    |    |    |    |
|-------------------------------------|-------------|--|------|----|------|----|-------|----|-------|----|----|----|----|
|                                     | PRELEVEMENT |  | 11   | 3  | 10   | 1  | 2     | 4  | 5     | 6  | 7  | 8  | 9  |
| <b>MEDUSES</b>                      |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Sarsia eximia                       |             |  |      |    | AC   |    |       |    | AC    |    |    |    |    |
| Sarsia prolifera                    |             |  |      |    |      |    |       |    | AC    |    |    |    |    |
| Sarsia tubulosa                     |             |  |      |    |      |    |       |    | AC    |    |    | R  |    |
| Sarsia gemmifera                    |             |  |      |    |      | AC |       |    |       |    |    |    |    |
| Zanclus cornutus                    |             |  | AC   |    | AC   |    |       |    | AC    |    |    |    |    |
| Lilaea blanda                       |             |  |      |    |      |    |       |    | AC    | AC |    |    |    |
| Rathkea octopunctata                |             |  | AC   | R  |      | C  | AC    |    | AC    |    |    |    |    |
| <b>CTENOPHORES</b>                  |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Larves ctenophores                  |             |  | R    |    | R    |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Pleurobrachia pileus                |             |  |      | R  |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| <b>CHAETOCNA THES</b>               |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Sagitta elegans                     |             |  |      |    |      |    |       | RR |       |    |    |    | TR |
| <b>ANNELES</b>                      |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Larves de Spionidae                 |             |  |      |    |      | R  |       |    |       |    |    |    |    |
| <b>COPEPODES</b>                    |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Copepodites divers                  |             |  | AC   | R  | AC   | R  |       | R  |       |    | RR | R  | R  |
| Pseudocalanus parvus                |             |  | R    |    | AC   | AC | R     | R  | R     |    |    | R  | R  |
| Calocalanus contractus              |             |  | RR   |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Microcalanus pygmaeus pusillus      |             |  |      | R  |      |    |       |    |       |    |    |    | RR |
| Centropages hamatus                 |             |  | C    | C  | AC   | AC | AC    | AC | AC    | AC |    | AC | C  |
| Canthocamptus norvegicus            |             |  |      |    |      | R  | R     |    |       |    |    | R  | AC |
| Canthocamptus tenuimanus            |             |  |      |    |      |    | R     |    |       |    |    |    | AC |
| Acartia longiremis                  |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    | RR |    |
| Acartia clausi                      |             |  |      |    | AC   |    |       | R  |       |    |    | R  |    |
| Oithona sp.                         |             |  |      | R  |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Oithona helgolandica                |             |  | R    |    | R    | RR |       |    |       | RR |    | R  | R  |
| Oithona plumifera                   |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    | R  |    |
| Oncosa notopus                      |             |  |      |    |      |    | RR    | R  |       |    |    |    |    |
| Haithalestris creni                 |             |  | R    | RR |      |    |       |    | RR    | RR |    |    |    |
| <b>OSTRACODES</b>                   |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Conchoecia sp.                      |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    | RR |    |    |
| Conchoecia obtusata                 |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    | R  |    |
| <b>CLADOCERES</b>                   |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Podon intermedius                   |             |  | AC   |    |      |    |       |    |       |    |    | AC |    |
| Podon polyphemoides                 |             |  |      |    |      |    |       |    |       | AC |    |    |    |
| Evadne nordmanni                    |             |  | AC   |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| <b>AMPHIPODES</b>                   |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Gammarus duebeni                    |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    | R  |    |
| <b>LARVES de CRUSTACEES</b>         |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Nauplii de Cirripèdes               |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Cypris de Cirripèdes                |             |  |      |    | R    |    |       |    |       | R  |    |    |    |
| Zoë de Eurytemora                   |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    | R  |    |
| Larves de Palaemonidae              |             |  | R    |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| <b>LARVES DIVERSES</b>              |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Vélifères de Peltocypodes           |             |  |      |    | R    |    | RR    | RR |       |    |    | R  |    |
| Vélifères de Gastropodes            |             |  |      |    | R    |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Larves d'Annélides polychètes       |             |  | R    |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Bipinnaria de Stelleridae           |             |  | AC   |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Jeune Cuvier                        |             |  | R    |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Têtard d'Ascidie                    |             |  |      |    |      | RR |       |    | R     |    |    |    |    |
| <b>APPENDICULAIRES</b>              |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Oithona denticulata                 |             |  | AC   | AC | CC   | R  | AC    | R  | AC    | AC |    | AC | CC |
| Fritillaria borealis                |             |  |      | R  |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| <b>CEPES et ALEVINS de POISSONS</b> |             |  |      |    |      |    |       |    |       |    |    |    |    |
| Alevin de Gadidae                   |             |  |      |    |      |    | R     |    |       |    |    |    |    |

L'abondance de ces deux espèces, leur fréquence et leur euryhalinité expliqueraient leur présence dans les masses d'eau provenant de Baltique (Ostsee) et du Kattegat.

— *Oithona helgolandica* : toujours rare ou très rare, est cependant récolté dans 6 prélèvements. Cette espèce semble liée à la veine d'eau froide et salée d'origine océanique.

Parmi les autres espèces, certaines sont très peu fréquentes mais leur présence pourrait être significative :

— *Calocalanus contractus* : est une espèce épiplanctonique océanique trouvée dans le prélèvement n° 11 (température 8,5 °C, courant Est). Elle caractérise l'apport de la masse d'eau océanique dans la Belt Sea.

— *Microcalanus pygmaeus pusillus* : est caractéristique des eaux profondes des Fjords norvégiens. Retrouvés en Baltique (sauf en Botnie et en Finlande), sa faible abondance serait peut-être due à des exigences bathymétriques contrariées sur le site étudié.

— *Candacia norvegica* : est une espèce d'eau profonde, commune dans la Mer du Nord, la Manche et le Skagerrak. Elle a été trouvée rarement et sa présence ne peut être liée qu'au courant en provenance du Nord-Est.

— *Candacia tenuimana* : espèce océanique, connue de l'Atlantique oriental, a été récoltée à deux reprises, dont le prélèvement 9 situé au niveau de la thermocline où elle est assez commune. Cette espèce épiplanctonique trouve à 14 °C des conditions favorables qui justifient son abondance relative.

— *Acartia longiremis* : est une espèce courante de la Baltique (Ostsee). Elle est cependant très rare dans le filet (Prélèvement 8, 14 °C). Il est probable que la thermocline soit un barrage pour cette espèce.

#### 6.4. LES CLADOCÈRES.

Toutes les espèces récoltées présentent une abondance relative et sont toutes communes en Baltique proprement dite (Ostsee).

— *Evdadne nordmani* : est une espèce très euryhaline ce qui explique aussi sa présence au ras du fond dans une eau d'origine océanique. Il est remarquable de constater l'absence de *Bosmina maritima* qui est le crustacé le plus connu en été en Baltique où il constitue la nourriture essentielle du Hareng. Caractérisant des eaux dessalées, son absence semble confirmer que les prises ont eu lieu dans une eau de provenance océanique plus salée.

#### 6.5. LES APPENDICULAIRES.

— *Oikopleura dioica*, citée par FENAUX (1957) en Baltique est assez commune dans nos récoltes.

— *Fritillaria borealis* : moins abondante, a été rencontrée à deux reprises.

Ces deux espèces caractérisent en Baltique (Ostsee) la faune de type alantique des bassins les plus profonds. Ceci confirme l'hypothèse de la nature océanique du courant au niveau du fond.

#### 6.6. LES LARVES D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES.

La pauvreté qualitative et quantitative des Larves récoltées est surprenante. Ce phénomène pourrait être expliqué soit par une migration trophique de celles-ci vers la surface (PFRES, 1961), soit par le rôle limitant de la thermocline formant une barrière thermique.

### 7. — CONCLUSIONS

Ce séjour dans le Laboratoire sous-marin « Helgoland » a permis de préciser les qualités et les insuffisances d'un prototype de filet à plancton conçu pour travailler à la limite du plateau continental méditerranéen.

Une capture du zooplancton a eu lieu à titre d'essai pendant cinq jours et 17 h 30 sans interruption par permutation des collecteurs dans une masse d'eau dont certaines caractéristiques sont définies avec précision :

— Ce zooplancton transite dans une veine d'eau située très exactement entre 30 cm et 50 cm de fond, sous une thermocline (exception faite du prélèvement 9) repérée par des mesures de températures et constatée « de visu » en plongée.

— Les changements de direction des courants de transport ont été notés.

La composition faunistique est donc l'image exacte dans l'espace et dans le temps du peuplement planctonique qui a transité à cette station.

Les mesures d'oxygène dissous et de salinité faites par nos collègues américains de la N.O.A.A. : National Oceanic and Atmospheric Administration (Rockville, Maryland, 20852) ne nous ayant pas encore été communiquées, nous avons néanmoins pu mettre en évidence une stratification thermique discrète au ras du fond où la température varie entre 8,5 °C et 10 °C (exceptionnellement 14 °C) alors que la tem-

pérature de surface atteignait 17 à 19 °C à cette époque de l'année.

En conclusion, il s'agit d'un plancton excessivement pauvre où 27 espèces seulement ont été déterminées.

Ce zooplancton se répartit comme suit :

| HOLOPLANCTON | MEROPLANCTON                                                                |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|              | Hydro et Anthoméduses<br>Larves de Crustacés<br>et d'Invertébrés benthiques |
| 24 espèces   | 19 espèces                                                                  |

## 8. — STRATÉGIE D'UN ÉCHANTILLONNAGE ULTÉRIEUR

Seule, l'étude de récoltes effectuées dans des mers diverses, nous donnera des renseignements sur les qualités de capture de ce prototype de filet. Il sera alors possible de faire une étude statistique et de comparer les prélèvements entre eux

Nous pourrions connaître le pourcentage de récolte du méroplancton par rapport à celui de l'hélioplancton au voisinage du fond et observer aussi si la composition est en liaison avec le rythme des migrations.

Il semble indispensable de fixer un fluxmètre sur le filet de façon à pouvoir faire l'étude quantitative des prélèvements et à connaître les indices de diversité, des populations au niveau de la pêche.

Une autre étude est en cours sur une récolte effectuée avec le même filet à 150 m de fond au large de Calvi (Corse).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DUSSART (B.), 1967. — *Les Copépodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome I. Calanoides et Harpacticoides*. Paris : Boubée. 502 p.
- EKMANN (S.), 1953. — *Zoogeography of the sea*. London : Sidgwick and Jackson. XIV-417 p. (cf. pp. 114-121).
- FALCONETTI (C.), 1975. — Etude à proximité du fond du comportement d'un prototype de filet à plancton à orientation variable. *Rapp. P.-v. Réunion. Comm. int. Explor. scient. Mer Méditerran.*, **23**, 2, 149-151.
- FALCONETTI (C.) et VAISSIÈRE (R.), 1975. — Prototype d'un filet pour la capture du plancton à proximité du fond. *Rapp. P.-v. Réunion. Comm. int. Explor. scient. Mer Méditerran.*, **23**, 2, 153-154.
- FENAU (R.), 1967. — Les Appendiculaires des mers d'Europe et du bassin méditerranéen. *Faune Europe Bass. méditerran.*, **2**, 116 p.
- Fiches d'identification du zooplancton. Charlottenlund : Conseil permanent international pour l'exploration de la mer, 1939.
- JENSEN (A.J.C.), 1937. — Fluctuations in the hydrography of the transition area during 50 years. *Rapp. P.-v., Réunion. Cons. perm. int. Explor. Mer*, 102 (Scientific report of the Baltic and transition area committees, Foreign guests in the Baltic and transition areas, compiled by K. Andersson and H. Blegvad), **1**, 49 p.
- KÄNDLER (R.) et WATTENBERG (H.), 1940. — Einige Ergebnisse der Untersuchungsfahrten mit dem Reichsforschungsdampfer « Poseidon » in der westlichen Ostsee 1938. *Ber. dt. wiss. Komm. Meeresforsch.*, (N.F.) **9**, 4, 541-560.
- PERES (J.-M.), 1961. — *Océanographie biologique et biologie marine. Tome I : La vie benthique*. Paris : Presses universitaires de France. VIII-541 p.
- REMANE (A.), 1940. — Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. *Tierwelt N.- u. Ostsee*, **1**, 34, 632 p.
- ROSE (M.), 1933. — Copépodes pélagiques. *Faune Fr.*, **26**, 374 p.
- SEGERSTRÅLE (S.G.), 1957. — Baltic Sea. *Mem. geol. Soc. Am.*, 67 (Treatise on marine ecology and paleoecology; ecology, ed. J.W. Hedgpeth), **1**, 751-800.
- SEGUIN (G.), 1976. — Premières observations sur la distribution qualitative et quantitative du zooplancton de Seine-Maritime (août-septembre 1973 et juin 1974). *Bull. Ecol.*, t. 7, 3, 315-325.
- TREGOUBOFF (G.) et ROSE (M.), 1957. — *Manuel de planctonologie méditerranéenne*. Paris : Centre national de la recherche scientifique. 2 vol., 587 + 207 p.
- ZENKEVITCH (L.), 1963. — *Biology of the seas of the U.S.S.R.* London : G. Allen & Unwin. 955 p.

## RÉSUMÉS DE THÈSES

THIOLLAY (Jean-Marc). — **Les Rapaces diurnes dans l'Ouest africain. Analyse d'un peuplement de savane préforestière et recherches sur les migrations saisonnières.** Thèse de doctorat d'état présentée à l'Université de Paris VI sous la direction de M. M. LAMOTTE, 1976.

Plus de 200 espèces d'oiseaux africains effectuent, au sud du Sahara, des migrations saisonnières importantes, jusqu'ici fort mal connues. Cette étude, réalisée de 1967 à 1973, traite plus précisément des déplacements des Falconiformes dans le centre de l'Afrique occidentale (Côte d'Ivoire, Haute Volta, Mali et Niger).

La première partie du travail porte sur l'analyse détaillée d'un peuplement de savane préforestière : dynamique saisonnière, reproduction, comparaisons entre la morphologie, l'habitat, le comportement, le régime alimentaire, etc. des espèces sédentaires et migratrices, rapports et problèmes de coexistence entre les diverses populations. La seconde partie élargit cette étude au peuplement des principales régions traversées par ces oiseaux lors de leurs migrations saisonnières. Leurs fluctuations numériques au cours du cycle annuel aux différentes latitudes sont comparées aux variations du climat, de la physiologie des milieux et des ressources alimentaires afin d'établir le déterminisme écologique de ces déplacements.

Les rapaces ont été comptés dans des conditions standard le long de 4 000 km d'itinéraires échantillons traversant les principaux milieux de chaque zone biogéographique, 2 à 4 fois tous les mois (en 5 ans). Sur chaque tronçon la hauteur et la densité de la végétation étaient notées ainsi que l'abondance relative des criquets — les proies principales — sur des lignes de 100 m.

Du sud au nord l'importance des pluies, leur durée et la densité de la végétation décroissent tandis que les écarts de température et d'humidité ainsi que l'amplitude des fluctuations saisonnières des ressources alimentaires augmentent.

24 espèces de Falconiformes sont sédentaires (dont 7 strictement forestières), 23 migratrices africaines et 21 hivernantes paléarctiques. Ces migrations tropicales ont une direction nord-sud et les distances parcourues en

ligne droite sont comprises entre 200 et 1 500 km. Les oiseaux descendent vers le sud de septembre à décembre pour passer la saison sèche dans les savanes guinéennes principalement et remontent avec les pluies de mars à juillet dans le Sahel. La plupart nichent en saison sèche dans le sud de leur aire de distribution, certains au cours de leur remontée printanière (migration en deux temps) et un seul dans le nord en saison pluvieuse. D'autres se dispersent à l'une ou l'autre saison à partir d'un habitat particulier. Il y a enfin des cas de migrations transéquatoriales.

Le peuplement de Falconiformes se compose d'au moins 30 espèces dans toutes les savanes, dont 2 espèces constituent 50 à 80 % de l'effectif total et une vingtaine les ultimes 10 %. L'importance des migrateurs croît dans les savanes du sud au nord, avec la rigueur de la saison sèche de 65 à 98 % des effectifs et de 45 à 92 % des espèces. Au total 18 % des migrateurs dénombrés en saison sèche sont d'origine paléarctique.

La nidification se déroule en fin de saison sèche (d'où un décalage de 1 à 2 mois du sud au nord). La fécondité de ces espèces tropicales est environ moitié moindre que celle de leurs homologues paléarctiques. A Lamto la production de jeunes volants est très faible (taux annuel global de renouvellement = 23 %), mais significativement plus élevée chez les migrateurs que chez les sédentaires (1,0 contre 0,53 juv. par couple).

Sédentaires et migrateurs se distinguent par leur morphologie, leurs milieux, techniques et aptitudes de chasse, leur régime alimentaire et leur adaptation aux conditions climatiques. Les premiers ont des pattes longues et des ailes assez courtes permettant, grâce à un mode de chasse à l'affût, de capturer des proies variées dans la végétation dense des milieux boisés aux ressources assez stables qu'ils habitent. Leur comportement territorial strict et leurs spécialisations alimentaires limitent la compétition intra et inter spécifique.

En revanche les migrateurs, plus éclectiques, ont des ailes longues et des pattes courtes leur permettant seulement la chasse au vol et les prises en milieux très découverts où les fluctuations saisonnières de la faune empêchent le maintien de sédentaires. Ils exploitent surtout des sources de nourriture momentanément surabondantes, de capture facile, dont ils sont aptes à profiter grâce à leur comportement sociale et vagabond. Une

sensibilité apparente à la chaleur et à la sécheresse achève de limiter la distribution de ces espèces. Ainsi, par leur niche écologique particulière et l'exploitation de surplus saisonniers les migrateurs se superposent aux sédentaires sans concurrence notable. Les hivernants paléarctiques présentent un cas remarquable de séparation écologique et géographique évitant la compétition avec les sédentaires et les migrateurs africains.

Le déroulement immédiat de ces migrations est réglé par les précipitations, auxquelles les oiseaux sont directement sensibles. Ils évitent les extrêmes de sécheresse et de température et tendent à se maintenir dans des conditions climatiques proches de celles qui caractérisent leur zone de nidification à l'époque de la reproduction.

Cependant le fondement de ces migrations est la recherche des ressources alimentaires optimales qui dépendent des variations saisonnières. La croissance des populations animales et les migrateurs suivent le passage du Front Inter Tropical de la forêt à la zone désertique. La redscente de ce front, entraînant celle des oiseaux, marque le début de la dessiccation et la diminution de la microfaune. A chaque latitude l'abondance des migrateurs évolue donc dans le même sens que leur nourriture la plus accessible et les effectifs maximaux sont concentrés là où les conditions sont les plus favorables (en saison sèche dans les savanes méridionales et pendant les pluies dans le Sahel). L'exploitation harmonieuse des savanes se réalise donc grâce à une complémentarité saisonnière entre les différentes latitudes.

Le calendrier et l'extension de ces migrations varient selon les années en fonction des circonstances climatiques : leur déterminisme physiologique n'est donc pas prépondérant. Les difficultés réduites de ces déplacements expliquent le faible engraissement pré-migratoire trouvé chez *Merops albigollis* (à peine 10 % du poids).

Les oscillations nord-sud des zones biogéographiques au cours du quaternaire ont pu être à l'origine de ces migrations qui se maintiennent cependant grâce à leur parfaite adaptation aux fluctuations saisonnières actuelles des milieux et de leur faune.

**DENAT (D.). — Etude de la production primaire dans le réservoir de Cajarc (Lot).** Thèse de spécialité mention hydrobiologie, soutenue le 16 avril 1977 à l'Université de Toulouse III. Jury : MM. ANGELIER, BERTHÉLEMY, CAPBLANCQ et DÉCAMPS.

L'étude du réservoir de Cajarc, sur la rivière Lot, a permis d'obtenir les résultats suivants :

1°) Au cours de l'étiage d'été ( $\approx 13 \text{ m}^3/\text{s}$ ) apparaît une stratification verticale de l'oxygène, du pH, de la silice, des nitrates, des matières en suspension et de la

turbidité. L'influence du mélange Lot-Truyère, encore sensible, permet de prévoir les teneurs de l'eau en  $\text{NO}_2$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{SiO}_2$ , l'alcalinité et la minéralisation globale au niveau de Cajarc. Cette influence est également montrée par l'augmentation de la teneur en nitrates qui passe de  $83 \mu\text{g/l}$  à  $296 \mu\text{g/l}$  ( $\text{N-NO}_3$ ) entre août et septembre lorsque la proportion des eaux du Lot augmente par rapport à celle de la Truyère, alors que les conditions de température, de débit et d'activité algale restent identiques.

2°) 97 espèces d'algues ont été dénombrées. Les Diatomées et les Eulchlorophycées constituent l'essentiel du phytoplancton. Le cycle habituel de développement des Diatomées, avec un pic printanier ( $325.10^4 \text{ C/l}$ ) et automnal ( $133.10^4 \text{ C/l}$ ) est ici caractérisé par des poussées estivales de l'espèce *Fragilaria crotonensis* ( $1.088.10^4$  et  $369.10^4 \text{ C/l}$ ). Les Chlorococcales se développent exclusivement pendant l'été ( $2.800.10^4 \text{ C/l}$  en août). Les Volvocales atteignent leur maximum en août ( $300.10^4 \text{ C/l}$ ) avec 97 % de formes coloniales et 3 % de formes unicellulaires; ce rapport s'inverse en septembre (25 % de formes coloniales et 75 % de formes unicellulaires) lorsque le Lot amont devient supérieur à celui de la Truyère; les Volvocales disparaissent totalement du réservoir, début octobre, lors de la première crue du Dourdou. Les Cryptophycées ont leur maximum en juillet ( $166.10^4 \text{ C/l}$ ). Les Chrysophycées présentent plusieurs maxima : en juin ( $62.10^4 \text{ C/l}$ ), en août ( $93.10^4 \text{ C/l}$ ) en novembre ( $100.10^4 \text{ C/l}$ ), en février ( $62.10^4 \text{ C/l}$ ), correspondant à des espèces distinctes. Une espèce de Cyanophycée a été observée une seule fois en août. Les Zygochloales sont accidentelles et les Euglénophycées très rares (1).

Malgré le caractère instable du milieu, on retrouve dans le bief de Carjac la même succession saisonnière que dans les lacs des régions tempérées, avec Chrysophycées et Diatomées en hiver, poussée de Diatomées au printemps, développement de Chrysophycées en été et nouvelle poussée automnale de Diatomées.

3°) Les biomasses d'algues atteignent un maximum de  $6 \text{ mg/l}$  en été sans qu'un épuisement en substances nutritives soit observé.

La distribution des biomasses varie dans l'espace et dans le temps. Les coefficients de variation varient dans le même sens que les biomasses pour les Diatomées, en sens inverse pour les Volvocales, Chlorococcales, Chrysophycées et Cryptophycées. Les plus grandes fluctuations du coefficient de variation sont celles des Volvocales, Chlorococcales et Cryptophycées, les plus faibles sont celles des Chrysophycées, des Diatomophycées, et de la biomasse totale. La moyenne annuelle

(1) C/l signifie : cellules par litre.

du coefficient de variation, égale à 35 %, est supérieure aux valeurs observées en lac et caractérise une colonisation peu homogène. Ces variations proviennent d'une part des modalités de développement des divers groupes d'algues (en eau vive, ralentie ou stagnante), et d'autre part des caractéristiques hydrauliques du Lot (lâchers intermittents, variation rapides des niveaux et débits).

Les biomasses d'algues ne constituent en moyenne annuelle que 10 % des matières organiques totales en suspension, un maximum de 25 % étant atteint en été et au printemps. La matière organique non algale augmente lors des crues, mais aussi pendant l'étiage d'été, période au cours de laquelle ces matières organiques tendent à se déposer sur le fond.

4°) Pour des débits de l'ordre de 13 m<sup>3</sup>/s (vitesse  $\approx$  6 cm/s), on observe pour tous les groupes une stratification verticale des biomasses d'algues. Les biomasses maximales sont à environ 2 m de profondeur pour les Diatomées; elles varient entre 0 et 2 m de profondeur pour les autres groupes en fonction des valeurs optimales d'éclairement. Cette stratification évolue au cours de la journée: le maximum de biomasse tend à remonter vers la surface jusque vers 15 h puis à redescendre. Aucune stratification n'a été observée à 50 m<sup>3</sup>/s (vitesse 22 cm/s) et au-dessus.

Sur les profils verticaux, les teneurs en chlorophylle et en phéophytine évoluent parallèlement en juillet, mais de façon opposée en août et septembre, ce qui indique, à cette époque, une biodégradation importante en profondeur.

5°) La photosynthèse est optimale à une profondeur optique voisine de 1 (profondeur entraînant une diminution de moitié de l'énergie lumineuse observée à la surface). Au-delà d'une profondeur optique égale à 2, les pentes des courbes d'assimilation et de pénétration lumineuse sont approximativement parallèles, ce qui confirme l'influence prépondérante de l'éclairement sur le Lot. Durant la journée, un maximum est observé en fin de matinée il est suivi d'une diminution dans l'après-midi malgré un éclairement relativement constant. Cette inhibition de la photosynthèse semble devoir être rapprochée d'une accumulation de carbone dans les cellules en cours de journée. Faible pendant la plus grande partie de l'année, la photosynthèse atteint des valeurs élevées de juin à octobre, avec des maxima en août et septembre. L'augmentation de la biomasse de printemps, due aux Diatomées, n'entraîne pas une augmentation de la photosynthèse.

6°) L'assimilation du carbone en flacon obscur est maximale en juillet et en août lorsque:

— la température élevée favorise l'activité bactérienne;

— la composition du plancton se modifie, les Chlorophycées remplaçant les Diatomées;

— la production extracellulaire est la plus élevée. Cette dernière atteint 4 à 40 % de l'assimilation photosynthétique totale elle présente un profil vertical inverse de celui de la photosynthèse. Une correspondance a été observée entre les taux élevés de production extracellulaire et la présence dans l'eau de matières organiques particulières non algales.

7°) La production quotidienne varie largement au cours de l'année. Aux faibles productions des Diatomées de printemps (200 mg C/m<sup>2</sup>/j) succèdent de fortes productions en août (3 400 mg C/m<sup>2</sup>/j) et en septembre (3 200 mg C/m<sup>2</sup>/j) lors des fortes densités de Chlorophycées. La production photosynthétique annuelle a été évaluée à 220 gC/m<sup>2</sup> dont 80 % en été. Ces valeurs permettent de considérer le réservoir de Cajarc comme un réservoir eutrophe. Les valeurs estivales (0,17) du coefficient d'activité (rapport production/biomasse) confirment cette tendance. Les taux de renouvellement de la biomasse d'algues sont voisins de 1 jour en août et en septembre. L'importance de la production du phytoplancton a été mise en relation avec l'intensité lumineuse, la dominance des Chlorophycées, les températures élevées, les débits faibles, l'alcalinité, le pH, le magnésium, les phosphates et les nitrates.

8°) L'ensemble des résultats obtenus dans ce travail confirme la nécessité d'un relèvement des débits d'étiage. Mais la considération de ce seul point de vue quantitatif est insuffisante

Dans les propositions d'aménagement de la vallée du Lot, cette augmentation des débits fait cette partie d'un plan d'ensemble dont chaque action est solidaire des autres (S.O.G.R.E.A.H. 1975). Pourtant, trois enseignements de cette étude du bief de Cajarc méritent de retenir l'attention:

a) la qualité des eaux dans les grands réservoirs de l'amont, du point de vue, aussi bien de la physicochimie que des populations planctoniques, constitue un facteur essentiel d'eutrophisation au niveau de Cajarc;

b) la succession des diverses populations d'algues en été, de même que la vitesse de renouvellement des biomasses, témoignent de la part du phytoplancton de fortes possibilités d'adaptation aux débits inférieurs à 10-15 m<sup>3</sup>/s;

c) la stratification verticale des algues planctoniques et des matières organiques aux faibles débits et les profils verticaux de photosynthèse que détermine la

pénétration de la lumière favorisent, même dans un bief à renouvellement rapide où les brassages jouent un rôle important, la création près du fond d'une zone à oxygénation faible où la décomposition prédomine et qui, au cours de l'été, devient défavorable à la vie des Poissons du fond.

Michel BOURCIER (Station marine d'Endoume et Centre d'Océanographie, rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, L. A. C.N.R.S. n° 41). — **Économie benthique d'une baie méditerranéenne largement ouverte et des régions voisines en fonction des influences naturelles et humaines.** Thèse d'Etat A.O. du C.N.R.S. n° / 12.150, soutenue le 10 décembre 1976 devant la commission d'examen: MM. G. BELLAN, J.J. BLANC, P. DRACH, L. LAUBIER, J.M. PÉRÈS, J. PICARD (Directeur de Thèse), de l'Université d'Aix-Marseille II.

#### Introduction.

Ce travail porte sur l'étude des valeurs quantitatives numériques et pondérales du macrobenthos de la baie de Cassis (Est de Marseille) avec extension vers l'Est jusqu'à la baie de La Ciotat-Les Lecques et vers l'Ouest jusqu'au cap Croisette, l'archipel de Riou et la zone polluée par l'égout de Marseille (Cortiou) compris. Outre des prélèvements ponctuels sur l'ensemble de la région de — 15 m à — 115 m, ont été faits des prélèvements saisonniers pendant 2 ans à — 50 m, fonds détritiques côtiers (DC) en cours d'envasement, — 75 m (DC) et — 100 m fonds détritiques du large (DL).

#### Méthodes.

Les prélèvements quantitatifs ont été effectués à l'aide de la benne « Orange peel » modifiée à la Station marine d'Endoume (fermeture améliorée, système d'armement avec deux ressorts de 150 kgf de poussée chacun et lest portant l'ensemble à 158 kg de poids). A chaque station, 12 prélèvements : soit 1 m<sup>2</sup>, un volume de 60 dm<sup>3</sup> avec pénétration maximale de la benne jusqu'à 13 cm. Le sédiment est tamisé sur tamis à maille 1,56 mm (2 mm de diagonale), avec contrôle d'un tamis de maille 1 mm situé au-dessous; conservé au formol neutre à 15 %, il est trié au laboratoire. Après détermination et décompte, chaque espèce à test ou squelette calcaire est pesée après passage à l'éthuve à 90° pendant une semaine, après décalcification à l'HCl dilué à 20 %, ces espèces, après nouveau passage à l'éthuve, sont pesées comme les autres espèces au 1/10 de mg près.

#### Les influences naturelles.

Les principaux facteurs naturels étudiés sont : le cadre géographique, la géologie sous-marine et littorale, le régime des vents dont la caractéristique essentielle par rapport à la moyenne des 10 dernières années est, depuis 1969, une déficience chronique de Mistral et un excès de vents de secteur Est. L'hydrologie et la courantologie sommaire sont examinées et enfin, sont étudiées les analyses sédimentologiques de la région caractérisée par l'existence de noyaux d'envasement situés généralement au fond des baies ayant une forte fraction de sables fins provenant principalement de la dégradation des poudingues des falaises du Bec de l'Aigle.

#### Les influences issues des activités humaines.

La région étudiée est agressée par la plupart des nuisances réunies ainsi sur une faible portion de côte.

**Les facteurs d'ordre mécanique.** — Dans la baie de La Ciotat, l'agrandissement du port et la construction de la nouvelle jetée en 1961, a entraîné un changement d'hydrodynamisme et le bouleversement total de tous les peuplements benthiques de l'ensemble de la baie jusqu'à 60 m de profondeur. Dans la baie de Cassis, devant la calanque de Port-Miou des rejets de cailloutis non commercialisables ont été recolonisés par un DC appauvri à *Ophiomyxa pentagona* et *Cerithium vulgatum* après envasement. Plus à l'Ouest, depuis 1973, pendant les mois d'été, le fleuve côtier Huveaune, débouchant normalement au milieu de la plage du Prado, est dévié dans l'émissaire de la ville de Marseille sortant à Cortiou. Ceci entraîne une hypersédimentation accrue de vases, de sables fins et même de galets. Cette action mécanique ne doit pas faire oublier l'action chimique de cet égout drainant à la fois les eaux usées urbaines de la ville de Marseille et celles industrielles des usines de la vallée de l'Huveaune.

**Les pollutions chimiques.** — Les eaux usées urbaines, Emissaire de La Ciotat, au N.O. du Bec de l'Aigle, 173 à 227 l/s et surtout l'émissaire des eaux usées de la ville de Marseille (1 million d'habitants) 4 m<sup>3</sup>/s soit 346 000 m<sup>3</sup> par jour. Depuis 1973 s'y ajoute en été, par l'intermédiaire de l'Huveaune des eaux usées industrielles (500 000 équivalent habitants), soit au total 6,5 m<sup>3</sup>/s ou 561 000 m<sup>3</sup>/jour (46 tonnes par jour de matière sèche en suspension).

Les rejets industriels. Depuis mai 1967, la Société Aluminium Pechiney rejette à — 330 m dans la tête du canyon de la Cassidaigne, les résidus industriels de la fabrication de l'aluminium. Cette boue très fluide

de couleur rouge (oxydes de fer), a une densité 1,2, 300 g/l de matière sèche; l'eau d'imbibition contient 4 % de soude soluble neutralisée par les ions magnésium<sup>++</sup> libres dans l'eau de mer. Les quantités rejetées sont de 530 m<sup>3</sup>/h ou 4,6 millions de m<sup>3</sup> par an soit 1,4 million de tonnes de matière sèche par an.

#### *Le Benthos quantitatif.*

Les prélèvements saisonniers à — 50 m, — 75 m (DC) et — 100 m (DL) durant deux ans permettent de déterminer dans les deux stations du DC les variations du nombre d'espèces, compris entre 102 et 158 esp./m<sup>2</sup>; l'Abondance variant entre 479 et 2.411 ind./m<sup>2</sup> et la Biomasse entre 0,95 et 2,74 g/m<sup>2</sup> de poids sec. Dans la station du DL le nombre d'espèces varie entre 71 et 125 esp./m<sup>2</sup>, l'Abondance varie entre 303 et 766 ind./m<sup>2</sup> et la Biomasse entre 0,54 et 1,05 g/m<sup>2</sup> de poids sec. Dans le DC la Dominance numérique moyenne des Polychètes est de 75 %, celle des Mollusques 7 %, des Echinodermes 3 %, des Crustacés 6 %, des Sipunculien 6 % et celle des Divers 3 %. Pour la Dominance pondérale moyenne, celle des Polychètes est de 58 %, celle des Mollusques 8 %, des Echinodermes 4 %, des Crustacés 5 %, des Sipunculien 16 % et des Divers 9 %. Dans les fonds détritiques du large la Dominance numérique des Polychètes est de 75 %, celle des Mollusques est de 7 %, des Echinodermes 6 %, des Crustacés 7 %, des Sipunculien 2 %, des Divers 3 %; concernant la Dominance pondérale du DL, celle des Polychètes est 54 %, celle des Mollusques 7 %, des Echinodermes 12 %, des Crustacés 10 %, des Sipunculien 12 %, des Divers 5 %.

En ce qui concerne les variations saisonnières, on constate que l'Abondance des individus varie beaucoup plus à — 50 m qu'à plus grande profondeur (coefficient de variation  $\approx$  50 % , plus profondément 13 à 28 %). On observe une première fixation de larves au printemps, pouvant être suivie d'une deuxième poussée. Les variations saisonnières de la Biomasse vont dans le même sens mais ont lieu 3 à 4 mois après celles de l'Abondance, celles du nombre d'espèces suivent nettement celles du nombre d'individus.

Les prélèvements quantitatifs extensifs ont permis de dresser la cartographie des variations spéciales de l'Abondance et de la Biomasse du macrobenthos du cap Croisette au cap d'Alon. D'une manière générale, là où l'hyperméditerranéisme est plus riche en matière organique, on constate l'existence de foyers d'Abondance et de Biomasse maximales avec diminution vers le large, avec, cependant, des anomalies locales correspondant soit à des lessivages du sédiment, soit à des dépôts privilégiés de matière organique. Cependant, si l'hyperméditerranéisme est très rapide

et pauvre en matière organique, le fond reste appauvri, même à proximité de la côte. L'hyperméditerranéisme du plateau continental est due à la fois aux apports fluviaux, Rhône et Huveaune, aux émissaires urbains, et à l'excès de vent d'Est suivi d'une profonde déficience de Mistral; elle entraîne la disparition progressive des fonds détritiques côtiers au profit soit du Détritico Envasé, soit du Détritico du Large qui transgresse sur le DC (jusqu'à — 83 m au lieu des — 95 m habituels dans ces fonds). Dans le DC, le faciès d'épiflore à Peyssonneliacées est en train de disparaître de la baie de Cassis au profit de fonds référents au Détritico Envasé. Dans la baie de La Ciotat le changement d'hydrodynamisme, consécutif à la construction de la nouvelle jetée du port de La Ciotat (1961), a entraîné la disparition de ce faciès à Peyssonneliacées, puis sa reconstitution dans des fonds situés bathymétriquement plus profondément (10 m plus bas); on constate la même évolution concernant le faciès du DC à grands Bryozoaires branchus (*Pentapora fascialis*, *Porella cervicornis*, etc.). Cette hyperméditerranéisme accroît le taux d'envasement du sédiment du plateau continental de 1 % par an. Ceci a entraîné, dans un premier temps, un accroissement de la Dominance des espèces vasicoles et une diminution des espèces sabulicoles, accompagnés d'une Instabilité marquée, puis, après la transformation d'un fond DC en fond DE, l'Instabilité régresse rapidement. Dans les fonds DL on assiste au même phénomène accompagné d'Instabilité, signalée ainsi pour la première fois dans ces fonds du large.

Chaque fois que, pour diverses causes, on assiste à un déséquilibre des facteurs abiotiques primordiaux qui conditionnent l'existence et l'individualité des biocoenoses, on assiste, en même temps qu'à la disparition des espèces caractéristiques de la biocoenose, à l'apparition d'espèces indicatrices d'Instabilité. Ces espèces, le plus couramment récoltées sont *Leda pella*, *Dentalium rubescens* et *Natica guillemini*, souvent abonde aussi *Corbula gibba*. Si les facteurs de ce déséquilibre cessent, les fonds retrouvent un autre équilibre en 10 ans dans les baies protégées et en 5 ans environ plus au large. Si ce déséquilibre est dû à une pollution, ou si une pollution s'ajoute à un déséquilibre d'autre origine, apparaissent des espèces indicatrices de pollution. Ce sont les espèces suivantes: *Nereis caudata*, *Stauropetalus rudolphii*, *Capitella capitata*, *Scolecopsis fuliginosa* et *Audouinia tentaculata*. Ces espèces sont certainement les meilleurs marqueurs de la pollution sur le fond.

La pollution d'un fond est d'autant plus importante qu'il subit plus fortement les modifications suivantes:

— apparition d'espèces indicatrices de pollution et d'Instabilité;

— disparition des espèces caractéristiques de la biocoenose touchée par la pollution;

— nombre d'espèces en diminution; à la limite, seules les espèces indicatrices de pollution subsistent;

— augmentation du nombre d'individus des espèces présentes; y compris des espèces indicatrices de pollution ou d'Instabilité;

— augmentation de la valeur de la Biomasse.

Il faut excepter de ces propositions la zone hyperpolluée azoïque du débouché immédiat des égouts.

#### Production de quelques espèces.

Provenant d'un fond DC en cours d'envasement (— 50 m), j'ai évalué la production des Pélécytopodes : *Myrtea spinifera* 17,39 mg/m<sup>2</sup>/an de poids sec; *Tellina serrata* 101,64 mg/m<sup>2</sup>/an de poids sec; et l'Echinoderme *Ophiura albida* 31,05 mg/m<sup>2</sup>/an de poids sec. Provenant d'un fond DC beaucoup moins vaseux (— 75 m), *Venus ovata* avait une production évaluée à 13,37 mg/m<sup>2</sup>/an de poids sec. Les relations entre le CO<sub>2</sub>/Ca fourni par les macrobenthonites et le taux de carbonates du sédiment ont été étudiées au moyen des cartographies du taux de carbonates du sédiment et du poids de CO<sub>2</sub>/Ca produit par les microbenthonites vivants (évalué en g/m<sup>2</sup> de CO<sub>2</sub>/Ca).

#### Canyon de la Cassidaigne : Boues rouges.

La courantologie du canyon de la Cassidaigne a été faite au moyen de 2 lignes de mouillage, sur des fonds de 820 m et de 1 040 m (étranglement du canyon), portant chacune un courantographe immergé à — 250 m et un autre à 2 m du fond. Un enregistrement courantologique (vitesse et direction) était fait toutes les 6 mn pendant 29 jours. Durant ces enregistrements (du 23 mai au 20 juin 1973) il y eu 3 coups de Mistral (jusqu'à 48 N) et 2 coups de vent d'Etat (jusqu'à 48 N également). Au niveau du fond du canyon, le courant est généralement descendant, sauf par Mistral inf. à 15 N, où le courant remonte à 5,5 cm/s. Par fort Mistral un phénomène de contre-courant fait redescendre les masses d'eau vers le sud à une vitesse pouvant être supérieure à 5 cm/s au fond du talweg.

L'étude de la macrofaune du canyon de la Cassidaigne vivant au contact des boues rouges de Péchinéy a été faite dans un premier temps par dragages. On constate la présence d'un écoulement central azoïque (même en ce qui concerne le meiobenthos) allant du débouché des conduites jusqu'à une cuvette située en aval de l'étranglement à 1 235 m de profondeur. De part et d'autre de l'écoulement, existe un dépôt de faible épaisseur où la vie benthique semble normale (zone subnormale). Cependant, il semblerait qu'il y

ait une évolution de la macrofaune benthique bathyale, au contact des Boues Rouges, vers la biocoenose des vases Terrigènes Côtières.

En juin 1971 des observations en Soucoupe Plongante SP 350 faites lors de 7 plongées, effectuées sur la zone sub normale, ont permis de voir, de photographier et de filmer la faune benthique ou necto-benthique vivant effectivement au contact de la boue rouge. Dans ce travail est donnée la liste de toutes les espèces récoltées ou observées entre 1968 et 1971 sur les flancs du canyon, dans la zone subnormale. Ces espèces sont classées par ordre taxonomique et alphabétique, avec un maximum de renseignements écologiques.

A. DEMAISON (Chercheur au laboratoire de Zoologie II (Prof. R. Legendre) Université des Sciences et Techniques du Languedoc 34060 Montpellier Cedex). — Contribution à l'étude écologique du peuplement arthropodien frondicole des landes à genêt purgatif (*Cytisus purgans* (L.) Benth.) dans les Cévennes. Thèse de doctorat de spécialité présentée à la Faculté des Sciences et Techniques de Montpellier II. Président M. LEGENDRE.

Ce travail s'inscrit dans une série d'études entreprises par une importante équipe pluri-disciplinaire sur la région cévenole dans le cadre d'un programme de recherche D.G.R.S.T. (Projet Equilibre et lutte biologique, mission « Cévennes »).

Le domaine très particulier des landes a été le centre d'intérêt de nombreux chercheurs. Plusieurs espèces de ligneux bas peuvent former des landes en Cévennes mais ce sont celles peuplées par le genêt purgatif qui présentent le plus d'originalité.

Le mémoire est divisé en trois parties.

#### Première partie :

La région de référence y est présentée des points de vue physiques et botaniques. La formation végétale étudiée et la plante intéressée y sont plus particulièrement décrites dans leurs cycles d'évolution respectifs. Le détail de la méthode d'étude employée (prélèvements multiples, bi-mensuels ou mensuels, sur 25 stations choisies et réparties dans tous les secteurs géographiques — environ 1 200 km<sup>2</sup> — pendant deux ans pleins) et des remarques sur la validité des résultats terminent cette partie du texte.

*Deuxième partie :*

Elle traite de l'inventaire des espèces récoltées (voir tableau). Tout d'abord ces espèces — dont la précision de détermination varie suivant les groupes — sont présentées sous forme de graphiques et de tableaux associant au nom de l'animal, le nombre de ses représentants récoltés, leur fréquence, leur constance et leur densité relative dans les récoltes (particulièrement pour les groupes principaux : Coléoptères et Hémiptères).

Les caractéristiques du peuplement sont ensuite abordées et il est possible de donner une courte liste d'espèces considérées comme préférantes de ce biotope, accompagnée de notes biologiques les concernant (tableau I).

La comparaison des importances relatives des différents groupes d'Insectes en fonction des stades d'évolution de la lande permet de mettre en évidence l'abondance de plus en plus grande des Coléoptères au fur et à mesure du vieillissement de la formation alors que les Homoptères vont, au contraire, en décroissant. Ceci est à rapprocher de la lignification progressive des genets.

dans les frondaisons; l'été est, au contraire, la période des plus grandes abondances et de la diversité maximum de la population. Mais à travers ces données fondamentales apparaissent plusieurs époques regroupant des espèces précoces et des espèces plus tardives qui se remplacent sur le Genet au cours de l'année. Les conditions microclimatologiques dans lesquelles vivent les Insectes sont étudiées pour mettre en évidence la protection très importante qu'offre cette formation végétale vis-à-vis des facteurs météorologiques contraignants (vent notamment).

Les relations alimentaires au sein de la biocoenose forment le second volet de cette description. Les groupes trophiques y sont détaillés avec leurs importances respectives et leurs impacts. Les éléments reconnus de la chaîne alimentaire arthropodienne fronicole étudiée sont réunis dans un tableau synthétique. La biocoenose décrite est ensuite replacée dans le cadre général de la faune fréquentant les landes à Genet purgatif dans les Cévennes, faune connue par d'autres travaux.

Une centaine de références bibliographiques générales et régionales (comportant notamment la liste des travaux menés dans le cadre de la mission « Cévennes »),

TABLEAU I  
Liste et importance des groupes d'Arthropodes récoltés

| Insectes                    | 265 | esp. .... | 9990 | indiv. .... | Espèces dominantes                                   |
|-----------------------------|-----|-----------|------|-------------|------------------------------------------------------|
| Homoptères .....            | 29  | »         | 3728 | »           | <i>Arytaina genistae</i> , <i>Phlaenus spumarius</i> |
| Hétéroptères .....          | 33  | »         | 2000 | »           | <i>Heterocordylus tibialis</i>                       |
| Thysanoptères .....         | 3   | »         | 950  | »           | <i>Taeniothrips meridionalis</i>                     |
| Diptères .....              | 44  | »         | 950  | »           |                                                      |
| Coléoptères .....           | 80  | »         | 910  | »           | <i>Apion striatum</i> , <i>Sitona</i> sp.            |
| Hyménoptères .....          | 48  | »         | 220  | »           |                                                      |
| Psocoptères .....           | 1   | »         | 281  | »           |                                                      |
| Orthoptères .....           | 6   | »         | 100  | »           |                                                      |
| Lépidoptères (Larves) ..... | 14  | »         | 110  | »           |                                                      |
| Collemboles .....           | 4   | »         | 676  | »           |                                                      |
| Divers Ptérygotes .....     | 3   | »         | 63   | »           |                                                      |
| Arachnides .....            | 41  | »         | 2771 | »           |                                                      |
| Araneides .....             | 30  | »         | 608  | »           |                                                      |
| Acarions .....              | 10  | »         | 2145 | »           |                                                      |
| Opilions .....              | 1   | »         | 12   | »           |                                                      |

*Troisième partie :*

L'évolution de la biocoenose est suivie pendant un cycle d'une année. Elle est fortement influencée par les conditions climatiques régionales. L'hiver est une saison de disparition presque complète de la faune trop exposée

une annexe détaillant la flore et les caractéristiques des stations accompagnée de quatre planches photographiques complètent le mémoire.

(Résumé de l'auteur).

G. METGE. — **Étude synécologique de la dépression du Viguierat (B.-du-R.).** Thèse présentée à la Faculté des Sciences et techniques de Saint-Jérôme, Marseille. Président : M. QUÉZEL, 1977.

Cette étude a pour but la connaissance des organismes évoluant dans les milieux hydromorphes et halophiles de la dépression du Viguierat, leur place dans les communautés et leurs relations avec l'environnement. L'orientation générale de cette thèse, découle des préoccupations de l'Entente Interdépartementales pour la Démoustication du Littoral (E.I.D.) : impact limité et contrôlé de la lutte, incidence du milieu sur le comportement des Culicidés, etc...

Précisions que ce travail n'est pas exhaustif aux seuls Culicidés, mais bien au contraire, renseigne sur l'ensemble des éléments constitutifs d'une région et prépare à l'étude spécifique de nombreuses espèces d'invertébrés aquatiques.

*Première partie. — Les facteurs écologiques généraux.*

Après avoir confronté les divers caractères du milieu avec la flore en général et la faune, particulièrement les Culicidés, nous montrons que la dépression du Viguierat, soumise à un climat méditerranéen subhumide à hivers frais, est caractérisée par la prédominance de sols hydromorphes salés, par un régime hydrologique complexe et par l'influence prépondérante de l'action anthropozoogène. Cependant l'équipollence de facteurs écologiques spéciaux (climats voisins non méditerranéens, nappe phréatique constamment fraîche etc. ...) favorise au niveau de la flore, l'installation d'une enclave nordique (*Carex elata*, *Cladium mariscus* etc. ...) et d'une faune à résonnance biogéographique analogue.

*Deuxième partie. — Analyse phytosociologique et écologique; inventaire de la faune limnique.*

Nous avons dans un premier temps isolé les milieux : émergés, submergés temporairement, submergés semi-permanents, submergés permanents, et les risières, en tenant compte de l'importance du rôle de l'homme, comme agent de morphogénèse et du régime hydrique général. Dans un second temps; le faciès (39), dans le

cadre du groupement végétal (12), est retenu comme unité phytosociologique de base. L'étude écologique de ce dernier met en relief les corrélations existantes entre les variations du cortège floristique, la juxtaposition d'un petit nombre d'espèces végétales et la prédominance d'un ou plusieurs facteurs écologiques.

La représentation cartographique des faciès, synthétise l'ensemble des faits écologiques de la zone étudiée.

L'inventaire faunistique, réalisé dans des stations définies par chaque faciès, montre que la répartition de la faune peut être influencée par les saisons, la biologie de l'espèce et par les divers types d'habitat qui s'offrent à elle.

*Troisième partie. — Synthèse générale.*

Elle permet de dégager et de localiser, les phénomènes déterminant l'intensité des divers paramètres écologiques étudiés et leurs effets sur la végétation. Il résulte qu'à partir de la dynamique des facteurs dominants et des affinités floristiques, nous déterminons le sens d'évolution des faciès et les transitions qu'ils assurent entre les groupements. De même, nous mettons en évidence les différentes phases d'évolution séquentielle et les formes de transition, qui renseignent sur la dynamique des milieux. Ainsi, nous reconstituons, à partir d'un principe graphique, la position spatiale des faciès, l'implantation des ceintures végétales, les formes de transitions et la zonation végétale globale de la dépression du Viguierat.

Les résultats concernant les Culicidés, permettent de déterminer l'amplitude écologique des différentes espèces et de mettre l'accent sur certaines données éthologiques

L'essai d'écologie quantitative, réalisé sur les invertébrés aquatiques (Ephémères, Odonates, Mollusques, Coléoptères, Héteroptères, Culicidés), met en évidence cinq noyaux, dont la répartition spatiale s'étale en écailles dans les différents milieux.

Enfin, l'intégration faune-végétation en synécoses cartographiables, permet de suivre la dynamique des principaux groupes de la zoocénose, et, apparaît comme un indicateur très sensible aux modifications du milieu.

## ANALYSES D'OUVRAGES

TI MOFFEEFF-RESSOVSKY (N.V.), VORONCOV (N.N.) et JABLOKOV (A.N.), 1975. — **Kurzer Grundriß der Evolutionstheorie**. VEB Gustav Fischer Verlag Jena, 360 pp., 132 fig., 10 tabl. Prix : 32 DM.

Ce livre « *Kratkij ocerk teorii evolucij* », paru en 1969 à Moscou, a été écrit pour les Universités et les étudiants russes et la traduction allemande, survenue seulement en 1975, aurait pu être évitée. La bibliographie importante en anglais et en allemand concernant les problèmes de l'évolution, en particulier Siewing, Erlangen, et Mayr, Harvard, est dans de nombreux aspects plus complète et surtout plus moderne. Enfin, n'oublions pas la 3<sup>me</sup> édition de Heberer, *Evolution der Organismen*, 3 volumes, dans laquelle les points de vue les plus récents concernant la recherche et les problèmes de l'évolution sont admirablement bien exposés.

Armin HEYMER.

APFELBACH (R.) et DÖHL (J.), 1976. — **Verhaltensforschung — Eine Einführung**. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, 162 pp. avec 36 fig. UTB ISBN 3-437-20111-5. Prix : 12,80 DM.

Dans la série des livres de poche universitaires d'un prix très abordable, nous trouvons cette introduction à l'étude du comportement, destinée surtout aux débutants et jeunes étudiants en biologie. Même les étudiants des lycées et collèges pourront la comprendre.

Dans les 9 grands chapitres, les deux auteurs traitent au départ les tâches et les méthodes de l'éthologie, puis le comportement en tant que réponse aux stimulations externes, les interactions des facteurs endogènes et des stimulations exogènes, les conditions de la physiologie hormonale et les relations avec le système nerveux central, l'ontogenèse du comportement ou éthogénèse, l'apprentissage et la mémoire, l'écologie et le comportement, organisation sociale du comportement, génétique et phylogénétique du comportement.

Dans la bibliographie, les deux auteurs se limitent à citer les références les plus importantes qui permettent de retracer les grandes lignes. Par ailleurs, 12 revues

internationales publiant des travaux éthologiques sont citées et permettent ainsi une bonne orientation. Signalement qu'en français, nous possédons la traduction d'un livre paru aux Etats-Unis : Tavalga (1973), *Introduction à l'étude du comportement animal*. Librairie Larousse, 132 pp.

Armin HEYMER

MÜLLER (P.), Editeur, 1974. — **Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Saarbrücken 1973**. Dr W. Junk N.V. Publishers, ISBN 90-6193-175-4, 448 pp., 154 fig., 52 tabl. Prix : 40 Florins.

Le 3<sup>me</sup> Congrès de la Société Ecologique Allemande s'est tenu du 27 septembre au 2 octobre 1973 à Sarrebruck. 48 conférences au total ont été faites se référant à six thèmes principaux.

1. *Ecologie physiologique* (11 conférences). Neumann a donné une introduction dans ce thème nouveau pour l'écologie. L'accent a été mis sur l'état hydrique des plantes sauvages et de culture dans le Désert du Négev ainsi que sur la spécialisation alimentaire et l'évolution des Rongeurs désertiques. Une autre conférence intéressante a été faite par Dietrich von Holst sur le stress social chez l'animal et chez l'homme, avec un accent particulier sur les problèmes de la densité de population et de l'augmentation de l'agressivité intra-spécifique qui s'ensuit. Il a apporté également des hypothèses de travail concernant le contrôle de l'agressivité et les dommages causés par le stress sur une base physiologique et médicale (par exemple infarctus du myocarde et troubles circulatoires et métaboliques).

2. *Ecosystème limnique et cycle énergétique* (17 conférences). L'accent a été mis sur le métabolisme et la productivité de l'écosystème ainsi que sur les recherches concernant un certain nombre de groupes d'animaux en tant qu'organismes bioindicateurs servant comme systèmes de contrôle : par exemple la valeur indicative des cellules chloriques d'Insectes aquatiques pour la détermination de la salinité des eaux continentales.

3. *Réchauffement artificiel des écosystèmes limniques.* Les 2 conférences tenues à ce sujet se sont intéressées particulièrement à la construction des grandes centrales atomiques le long des cours d'eau et aux problèmes environnementaux qui s'ensuivent.

4. *Lichens en tant que bio-indicateurs.* Les 3 conférences à ce sujet nous montrent la signification que possèdent les lichens pour le contrôle de la pollution de l'air.

5. *Ecologie dans l'enseignement.* Dans les écoles supérieures et dans l'université, l'écologie est insuffisamment représentée et les 4 conférences se sont préoccupées de ces problèmes et demandent en particulier l'introduction de travaux pratiques en écologie dans l'enseignement supérieur.

6. *Les critères écologiques pour la planification régionale et l'urbanisme* (11 conférences). Dans ce contexte, les lichens en tant que bio-indicateurs pour le contrôle de la pollution de l'air sont de nouveau mis en valeur. Dans un certain nombre de régions hautement industrialisées en Allemagne, des expériences à grande échelle ont commencé. Une conférence traite des problèmes de l'écologie de la région amazonienne en tenant compte particulièrement du début de l'exploitation incontrôlée de cette région et qui risque de nous faire perdre un des plus beaux massifs de forêt tropicale de notre globe.

Armin HEYMER.

DUBOS (René). — *Les Dieux de l'Ecologie.* Traduit par A. Petitjean Fayard, 1973 : 238 p. — Coll. Ecologie.

Dans un essai de 150 pages, se lisant comme un roman, l'auteur, avec un sens du trait juste et du raccourci, sous forme de nombreux exemples et citations, condense toute son expérience humaine et scientifique. Il souligne que les lieux, les hommes et leurs institutions évoluent avec le temps, mais aussi que la persistance des traits distinctifs est l'une des plus frappantes manifestations d'un *dieu extérieur* (titre anglais de l'ouvrage). Au lieu d'imposer sa volonté d'exploitation à la nature, l'homme devrait essayer de découvrir les qualités inhérentes à chaque lieu de manière à favoriser son développement. Le « qualitatif » devrait primer le « quantitatif ». Il faudrait établir une « *théologie scientifique de la terre* », la lutte pour la qualité de l'environnement devrait ainsi devenir le onzième commandement.

Dans une nature « humanisée » depuis plusieurs centaines de générations d'hommes, la « pérennité du lieu » résulte d'une interaction complexe entre nature et culture. L'auteur développe l'idée que le pillage de la nature a existé de tous temps et dans toutes les civilisations, ceci par ignorance et par appât du gain immédiat, avec cette circonstance atténuante que, précédemment, les hommes n'avaient souvent pas le choix et ne pouvaient prévoir les catastrophes écologiques à venir ! Il oppose la « conversation franciscaine » à la gestion bénédictine ».

René Dubos dénonce ensuite les risques mortels de la technologie qui évolue aujourd'hui de sa vie propre, sans contrôle humain. C'est la « technocratie » où l'efficacité du système social compte plus que la vie de l'homme. C'est la course à « l'efficacité », à la « croissance en tous genres », à la « nouveauté ». Il y a un démon de la technologie. L'auteur pense qu'il faut reconsidérer la notion même de progrès. Il faut œuvrer pour une civilisation plus humaine.

L'auteur oppose enfin la « vie arcadienne » à la « civilisation faustienne », qui n'hésite pas à sacrifier l'avenir de l'humanité à la poursuite de ses objectifs à profits immédiats. Mais, heureusement, cette idéologie faustienne est maintenant battue en brèche.

René Dubos tire des raisons d'espérer dans une répartition plus équitable des richesses, dans une préservation des ressources non renouvelables, dans la protection de l'environnement naturel et psychologique. Ainsi, par le développement d'une conscience sociale, la civilisation industrielle devra être repensée sur la base de principes écologiques humains.

Nous ne saurions trop recommander cet ouvrage plein d'humanité et d'espoir.

J.M. TURMEL.

PUIG (Henri), 1976. — *Végétation de la Huasteca, Mexique — Mission archéologique et ethnologique française au Mexique.* Collection Etudes Mésoaméricaines — 5 dirigée par Guy STRESSER-PEAN. Vol. V. Edit. CNRS. 531 p., 42 fig., 2 planches couleur.

Cet ouvrage donne un aperçu de la végétation en fonction des correspondants écologiques en gros, selon les méthodes de M. Gaussen qui sont celles de l'école de Toulouse. Le domaine couvert correspond à la partie occidentale du littoral du Mexique en remontant jusqu'à San Luis Potosi dans des terrains qui vont du volcanique puis du jurassique jusqu'au tertiaire.

On ne saurait que louer la présentation rédactionnelle de l'ouvrage qui est à la fois clair, écologiquement précis, et parfaitement illustré.

Il est incontestable qu'il rendra de grands services à tous les voyageurs de langue française qui iront au Mexique. Il s'agit d'une excellente thèse qui sera utile à tous les écologistes s'intéressant à l'Amérique Centrale et au sud de l'Amérique du Nord.

C.D.D.

RAMADE (F.), 1977. — **Ecotoxicologie**. Collection d'écologie 9. Ed. Masson 194 p., 69 fig., 31 tabl.

Notre collègue Ramade nous présente un ouvrage particulièrement valable et remarquablement documenté. Notons en particulier l'excellent premier chapitre sur la notion de toxiques et ses implications écologiques. Les pollutions chimiques et nucléaires sont étudiées

avec soin. L'illustration de l'ouvrage est parfaitement didactique.

Toute personne appelée à faire un cours ou une communication sur la pollution des milieux naturels devra se référer de façon constante à cet ouvrage.

C.D.D.

ELTON (Charles), 1977. — **The ecology of invasions by animals and Plants**. Chapman & Hall Ltd. London.

La connaissance qu'a Elton des problèmes qu'il débat sont bien connus et sont devenus classiques dans le domaine des sciences naturelles et de l'écologie. Le sujet de l'ouvrage est particulièrement intéressant et nous pensons que ce livre doit figurer dans toutes les bibliothèques, soit personnelles soit d'Instituts qui s'intéressent aux problèmes d'écologie dynamique.

C.D.D.

© 1977, Masson, Paris.

Le Directeur de la Publication : CL. DELAMARE DEROUTTEVILLE

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droit ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1<sup>er</sup> de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Masson, Editeur, Paris. — Dépôt légal : 1977. — N° d'ordre : 5018. — 3<sup>e</sup> trimestre, 1977. Imprimerie Louis-Jean, 05002 Gap (France). Dépôt n° 429-1977. — Imprimé en France.

OJD Diffusion — Numéro d'inscription à la Commission Paritaire : 50062.



EDITIONS DU CENTRE NATIONAL  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, quai Anatole France 75 - Paris-VII C.C.P. Paris 9061 11 Tél. : 555 26 70

*Programme Biologique International*

ÉCOLOGIE DU SOL

**NOUVEAUX DOCUMENTS  
POUR UNE ÉTUDE INTÉGRÉE  
EN ÉCOLOGIE DU SOL**

Le troisième volume de la série « Ecologie du Sol » traite essentiellement de problèmes microbiologiques, botaniques et climatiques rencontrés sur les stations du programme de la R.C.P 40 du C.N.R.S. Cinq thèmes sont successivement abordés :

- 1) Principes de méthodologie en microbiologie du sol;
- 2) Mesure de la fixation de l'azote moléculaire en forêt;
- 3) Etude écologique de la strate muscinale dans une pinède sur calcaire lusitanien en Lorraine;
- 4) Décomposition naturelle et expérimentale des feuilles de *Brachypodium pinnatum* P. B. microécologie et micromorphologie étudiées à l'aide des microscopes électroniques;
- 5) Dynamique et bilan de l'eau des sols de deux écosystèmes méditerranéens à chêne vert.



Ouvrage 21 x 27, 288 pages, 80 figures in-texte,  
2 dépliants hors-texte, 1 planche hors-texte, relié.

PRIX : 91 F

15, quai Anatole-France 75700 PARIS  
C.C.P. PARIS 9061-11

Tél. : 555.26.70

## INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Seuls les membres de la Société à jour de leur cotisation peuvent publier dans le Bulletin. Dans tous les cas les articles proposés seront soumis à un comité de lecture composé par le Conseil de la Société d'Ecologie. Sauf dérogation spéciale les articles ne devront pas dépasser 20 pages imprimées. Les clichés photographiques sont à la charge des auteurs.

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne au recto seulement de feuilles numérotées, seront présentés sous leur forme définitive, et rigoureusement soignés dans le fond comme dans la forme. Les noms propres devront être en capitales ou soulignés d'un double trait, les noms scientifiques latins soulignés d'un seul trait. Le titre du manuscrit devra être suivi du prénom et du nom du ou de chacun des auteurs, ainsi que de l'adresse du laboratoire dans lequel le travail a été effectué. Les auteurs éviteront, sauf nécessité impérieuse, les abréviations autres qu'usuelles; les notes infrapaginales, exceptionnelles et courtes, seront numérotées de 1 à *n* du début de l'article à la fin. Les références bibliographiques seront groupées à la fin du texte dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs; elles devront être conformes au modèle suivant :

De BACH (P.) et SUNDBY (R.A.), 1963. — Competitive displacement between ecological homologues. *Hilgardia*, 34, p. 105-166.

Le titre des périodiques sera abrégé d'après les règles internationales de nomenclature (*World list of scientific publications*, 4<sup>e</sup> édition). Tout article de plus de 4 pages imprimées sera précédé d'un résumé en anglais ou en allemand. Ce résumé sera conforme au Code du bon usage en matière de publications scientifiques (UNESCO/NS/177).

Les dessins, exécutés à l'encre de Chine sur papier calque, bristol ou carte à gratter, ainsi que les photos, devront être groupés de façon à éviter le plus possible des frais de mise en page. La réduction souhaitée sera indiquée sur chaque figure. On évitera de fournir des données chiffrées à la fois sous forme de tableaux et de graphiques. Les manuscrits qui ne seront pas présentés suivant ces normes seront renvoyés à leurs auteurs.

Un jeu d'épreuves accompagnées des illustrations est envoyé aux auteurs qui devront retourner l'ensemble après correction et indication de l'emplacement souhaité pour les figures, au plus tard dans un délai de dix jours. La société offre gratuitement 25 tirés à part. Les auteurs qui en désirent davantage joindront un bon de commande en retournant leurs épreuves. Ils régleront la facture directement à l'imprimeur. Les analyses d'ouvrages, nouvelles et les rubriques « Activités de la Société » ne peuvent être fournies sous la forme de tirés à part.

Les membres de la Société peuvent publier dans le Bulletin des travaux originaux, et des mises au point sur des sujets se rapportant aux divers domaines de l'écologie générale et appliquée. Les manuscrits doivent être envoyés soit au Secrétaire du Bulletin, soit de préférence à un membre du Conseil de la spécialité choisie (cf. page de couverture la liste des membres du conseil et leurs spécialités) qui, après lecture, fera parvenir le manuscrit au Secrétaire du Bulletin. Les analyses d'ouvrages ou d'articles de revues suffisamment importants seront également les bienvenus. Dans ce dernier cas il est recommandé de prendre contact au préalable avec le Secrétaire du Bulletin pour éviter les doubles emplois.

### ABONNEMENTS 1977

|       |                     |                |                  |
|-------|---------------------|----------------|------------------|
| Un an | Particuliers .....  | France : 110 F | Etranger : 120 F |
|       | Collectivités ..... | France : 180 F | Etranger : 200 F |

Etablis le titre de paiement au nom de : SPPIF, 120, boulevard Saint-Germain, 75280 PARIS CEDEX 06

Pour les pays suivants s'adresser à :

|           |                                                                           |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|
| U.S.A.    | Masson Publishing USA, Inc., 14 East, 60th Street, New York, N.Y. 10022;  |
| ESPAGNE   | Toray Masson Editores, Balmes 151, Barcelona 8;                           |
| ITALIE    | Etmi S.p.a., Via Pascoli 55, 20133 Milano;                                |
| ALLEMAGNE | Kunst und Wissen, Wilhelmstrasse 4, Postfach 46, 7000 Stuttgart (R.F.A.); |
| SUISSE    | Crispas s.a., 55, boulevard de Pérolles, CH 1700 Fribourg;                |
| BELGIQUE  | L.C.L.S., rue Otlet 44, B 1070 Bruxelles;                                 |
| CANADA    | Somabec, 2475 Sylva Caplin, St-Hyacinthe, Québec.                         |

MASSON, Editeur : Paris, New York, Barcelone, Milan

à Paris, 120, boulevard Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06 — Téléphone : 329.21.60

Numéros de l'année et volumes antérieurs :

MASSON Services, 15, rue de Savoie, 75006 Paris — Tél. : 325-74-73 et 325-74-95.

Published quarterly by Masson, 120, boulevard Saint-Germain, Paris (France)

Annual subscription price : 120 F.

Second-class postage paid at Jamaica, N.Y. 11431.

Air freight and mailing in the U.S. by Publications Expediting Inc., 200 Meacham Ave. Elmont, N.Y. 11003.

